matricial é + 1, se corresponde ao sentido contrário é — 1 e se a malha não contém esse ramo será 0.

PROP. 76 — O sentido positivo na malha exterior do grafo é aparentemente inverso (porque a malha exterior é uma malha interior em relação ao plano exterior).

PROP. 77 — A matriz Θ tem tantas linhas quantas as malhas (m-c + 1) do grafo.

PROP. 78 — A matriz de incidência dos nós Λ de um grafo e a matriz de incidência das malhas do grafo dual Θ' são iguais (devido à dualidade dos nós e malhas) e portanto gozam das mesmas propriedades.

DEF. 53 — **Matriz de incidência das malhas reduzida** Θ_k *é a matriz* Θ *sem a linha k;* de igual modo Θ é a matriz de incidência das malhas completa.

PROP. 79 — As matrizes Λ_k e Θ'_k são iguais.

4.3 — Matriz de incidência dos feixes de corte

DEF. 54 — **Matriz de incidência dos feixes de corte-base** Ψ de *um grafo possui as linhas em correspondência com os feixes de corte-base do grafo e as colunas com os ramos.*

DEF. 55 — Formação da matriz de incidência dos feixes de corte-base: *o sentido positivo dos cortes é definido pelo sentido das correspondentes hastes; os elementos da matriz serão + 1 se o sentido do correspondente ramo concorda com o da haste do respectivo corte, — 1 em caso contrário e 0 se o corte não intersecta o ramo.*

PROP. 80 — A matriz Ψ tem tantas linhas quantas as hastes do grafo.

PROP. 81 — A matriz Ψ tem menos uma linha que a matriz Λ (pois num grafo $h = n - 1$), quer dizer, a matriz Ψ é reduzida por natureza.

PROP. 82 — Os elementos da matriz Ψ correspondentes às hastes do grafo formam uma matriz unidade.

PROP. 83 — Os elementos das linhas da matriz Ψ são uma combinação linear dos elementos das linhas da matriz Λ_k.

DEF. 56 — **Matriz de transformação** Γ *é a matriz que transforma a matriz* Λ_k *em* Ψ *tal que*

$$\Psi = \Gamma \Lambda_k . \tag{15}$$

PROP. 84 — A matriz de transformação depende da árvore escolhida e não pode ser singular.

4.4 — Matriz de incidência dos anéis

DEF. 57 — **Matriz de incidência dos anéis-base** ϕ de um grafo *tem as linhas relacionadas com os anéis-base e as colunas com os ramos do grafo.*

DEF. 58 — Formação da matriz de incidência dos anéis-base: *o sentido positivo dos anéis é escolhido em acordo com os sentidos das cordas que os definem; os elementos da matriz serão + 1 para sentidos concordantes dos ramos e do anel, — 1 para sentidos concordantes e 0 quando o ramo não é comum ao anel.*

PROP. 85 — A matriz Φ tem tantas linhas quantos os anéis-base do grafo (ou seja, igual ao número de cordas).

PROP. 86 — A matriz Ψ de um grafo e a matriz Φ' do grafo dual são iguais, devido à dualidade das hastes (que definem os cortes) e das cordas do dual (que caracterizam os anéis-base).

PROP. 87 — A matriz Φ tem menos uma linha que a matriz de incidência das malhas Θ e pode obter-se a partir de Θ_k por combinação linear das linhas através da matriz de transformação, tal que

$$\Phi = \Gamma \Theta_k \tag{16}$$

PROP. 88 — Entre as matrizes de incidência existem as seguintes igualdades em relação à dualidade:

$$\Lambda = \Theta' \tag{17}$$

$$\Theta = \Lambda' \tag{18}$$

$$\Psi = \Phi' \tag{19}$$

$$\Phi = \Psi' \tag{20}$$

5. CONCLUSÕES

A partir da definição de grafo foi-se construindo a teoria dos grafos pela introdução das suas características fundamentais (elementos estruturais, planaridade, singularidade, dualidade) analisando-se as propriedades inerentes.

Para aplicação no cálculo de sistemas físicos lineares deduziram-se as relações topológicas fundamentais e definiram-se as matrizes de incidência, que correspondem aos diversos métodos de cálculo usuais em electrotecnia (métodos dos nós, das malhas, dos cortes e dos anéis).

Verifica-se que as matrizes de incidência dos cortes-base e dos anéis-base são mais simples que as matrizes de incidência dos nós e das malhas, correspondendo a um sistema de equações independentes, pelo que os métodos de cálculo dos cortes e dos anéis se preferem em cálculos complexos.

Para se estabelecerem as características essenciais exigidas no cálculo de circuitos eléctricos analisa-se o exemplo clássico da ponte de Wheatstone (fig. 5), tendo em consideração as definições e propriedades estabelecidas.

e) Matriz de incidência dos anéis-base Φ:

	a'	b'	c'	d'	e'	f'
I'	1	0	0	1	0	−1
II'	0	1	0	1	1	−1
III'	0	0	1	0	1	−1

Tendo-se considerado grafos duais na determinação de Λ e de Θ verifica-se de facto a propriedade 88. Além disso constata-se a propriedade 83:

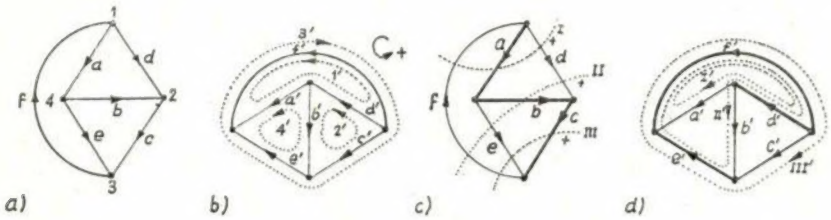


Fig. 5 — Cálculo da ponte de Wheatstone.

a) Método dos nós;
b) Método das malhas;
c) Método dos feixes de corte-base;
d) Método dos anéis-base.

a) Matriz de incidência dos nós Λ:

	a	b	c	d	e	f
1	−1	0	0	−1	0	1
2	0	1	−1	1	0	0
3	0	0	1	0	1	−1
4	1	−1	0	0	−1	0

b) Matriz de incidência das malhas Θ:

	a'	b'	c'	d'	e'	f'
1'	−1	0	0	−1	0	1
2'	0	1	−1	1	0	0
3'	0	0	1	0	1	−1
4'	1	−1	0	0	−1	0

c) Matriz de incidência dos feixes de corte-base Ψ:

	a	b	c	d	e	f
I	1	0	0	1	0	−1
II	0	1	0	1	1	−1
III	0	0	1	0	1	−1

linha I de Ψ = − linha 1 de Λ

linha II de Ψ = linha 2 + linha 3 de Λ

linha III de Ψ = linha 3 de Λ

não intervindo pois a linha 4 de Λ, ou seja,

$$\begin{bmatrix} \text{linha I} \\ \text{linha II} \\ \text{linha III} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \text{linha 1} \\ \text{linha 2} \\ \text{linha 3} \end{bmatrix}$$

isto é, $\Psi = \Gamma \, \Lambda_4$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] H. EDELMANN: Berechnung Elektrischer Verbundnetze; Springer (1963).

[2] N. BALABANIAN/T. A. BICKART: Electrical Network Theory; John Wiley (1969).

NOTICIÁRIO

Simpósio sobre «Auto-Estradas na Grã-Bretanha Hoje e Amanhã»

A Institution of Civil Engineers da Grã-Bretanha organiza, de 26 a 28 de Abril de 1971, no Royal Lancaster Hotel, Bayswater, Londres, um simpósio sobre o tema acima mencionado, em que participarão representantes do Ministério dos Transportes, das autoridades locais, do Laboratório de Investigação Rodoviária, construtores e outros especialistas, bem como simples utentes das auto-estradas.

Informações:
The Conference Office
The Institution of Civil Engineers
Great George Street, Westminster
London, S. W. 1 — ENGLAND

OCEANEXPO 71: Salão e Colóquio Internacionais sobre a Exploração dos Oceanos

Este colóquio, que decorrerá de 9 a 14 de Março de 1971, em Bordéus, versará os seguintes temas:

I Desenvolvimento industrial do litoral
II Comercialização dos produtos do mar e desenvolvimento da aquacultura
III O equipamento e o desenvolvimento industrial do planalto continental
IV A exploração dos mares profundos e as possibilidades de aproveitamento
V Sistemas de medida no mar para a análise e previsão do ambiente.

A organização deste colóquio é da OCEANEXPO, C/O CNEXO, B. P. 107, 75 — PARIS 16.

INII
Informática de Gestão e Sistemas de Informação

O INII vai realizar um curso sobre Informática de Gestão e Sistemas de Informação.

Este curso terá lugar em 15 e 16 de Fevereiro de 1971, terá a duração de 14 horas e será ministrado em português. O custo da inscrição é 1 500$00

O programa deste curso é o seguinte:

A evolução histórica do tratamento da informação na empresa. Os meios de tratamento automático da informação. Características dos suportes de base: cartão perfurado, fita perfurada, banda magnética. HARDWARE — descrição das unidades componentes de um sistema de processamento de dados. SOFTWARE — descrição dos princípios de programação e características das principais «linguagens» utilizadas. O computador como auxiliar de gestão. A gestão integrada e a criação de um sistema de informação da direcção. Descrição sumária de algumas aplicações.

Horário: 9.00-12,30 e 14,30-18.00 h.

O Vocabulário ISO da Energia Nuclear facilita a comunicação internacional

Quando um físico nuclear fala de «invólucro» refere-se a uma camada de matéria «fértil» colocada em volta ou no interior do núcleo de um reactor nuclear para a sua transformação numa substância físsil. Importa, portanto, que os seus colegas atribuam exactamente o mesmo significado a um determinado termo, particularmente quando se traduz esse termo para outro idioma.

O vocabulário nuclear especializado compreende igualmente termos como «ganho de sobrerregeneração», «letargia», «área de migração», «dispersão elástica», «poder de moderação» e «efeito Wigner».

A fim de reduzir as possibilidades de má interpretação e de diminuir as perdas de tempo e de esforços inúteis, a ISO (Organização Internacional de Normalização) publicou um vocabulário de energia nuclear em inglês, francês e russo. Este vocabulário, Recomendação ISO/R 921, contém as definições de 243 termos adoptados no plano internacional. É a primeira publicação de uma série de vocabulários sobre este assunto. A segunda publicação está prevista para 1971.

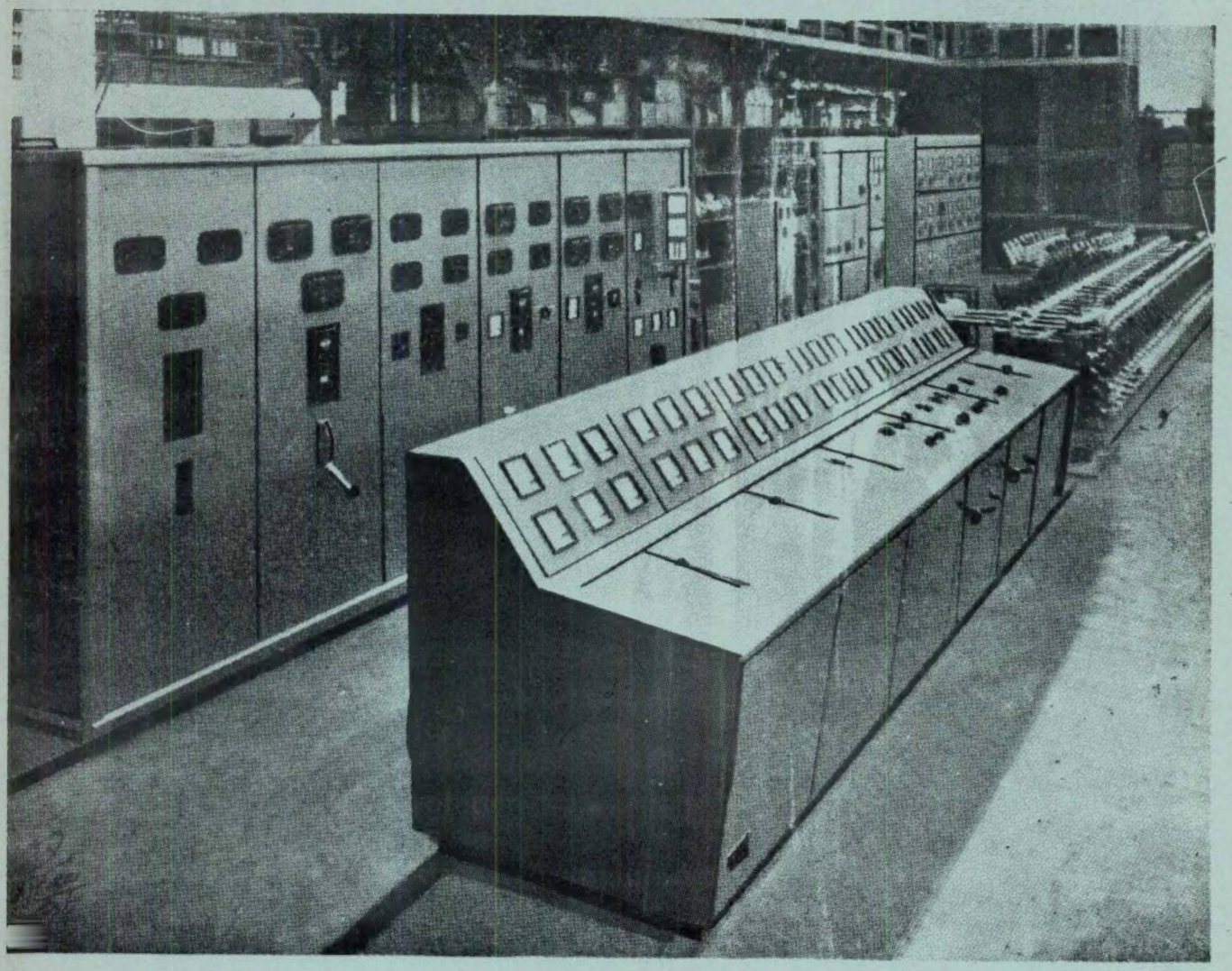
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743

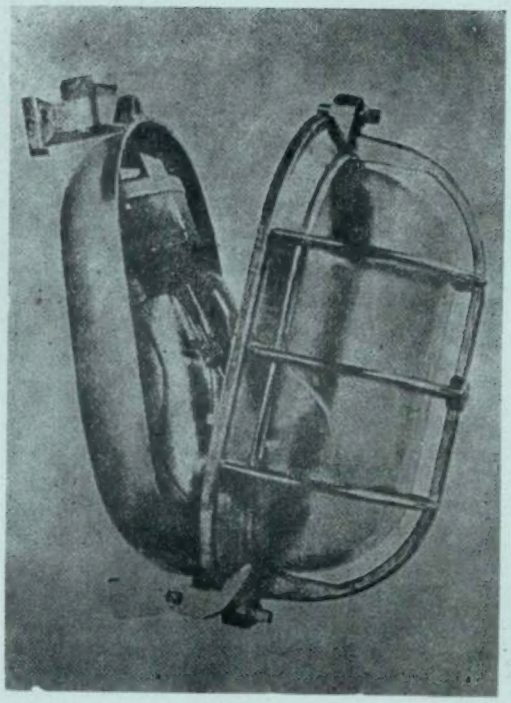


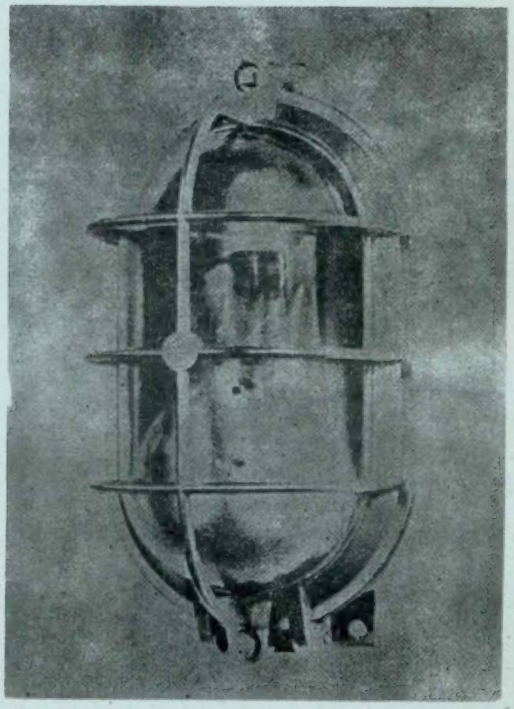
Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

ARMADURA DE ILUMINAÇÃO

TIPO **HI·1**





1 — **LÂMPADA:**
Incandescência até 100 watts e vapor de mercúrio 50 wtts.

2 — **ACABAMENTO:**
Impecável, como só o alumínio injectado permite; resistente à corrosão.

3 — **DIMENSÕES MÁXIMAS EXTERIORES:**
226 x 126 x 126 mm.

4 — **PESO:**
1 Kg.

CONSTRUÇÕES ELÉCTRICAS SCHRÉDER, LDA.

P. JOSÉ FONTANA, 25 LISBOA-1 · TEL. 561001

C. D. U. 531.01 : 518.5

ANÁLISE DA COMPRESSÃO UNIAXIAL DE PROVETES DE ROCHA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

por C. DINIS DA GAMA*

RESUMO

O cálculo de deformações e tensões existentes no interior de um provete cilíndrico de rocha submetido a compressão uniaxial é elaborado por meio do método dos elementos finitos, fazendo uso do programa de computação existente na School of Mineral and Metallurgical Engineering, da Universidade de Minnesota.

No presente trabalho diversas situações são analisadas: (i) sujeição nas superfícies de contacto rocha-prensa, (ii) escorregamento entre as referidas superfícies, e (iii) estudo da influência da relação altura/diâmetro da amostra. A distribuição de tensões e deformações nos diversos casos conduz à previsão de comportamentos mecânicos que são típicos de determinações experimentais realizadas à escala laboratorial.

SYNOPSIS

The computation of displacements and stresses induced within a cylindrical specimen of rock subjected to uniaxial compression is obtained through the finite element method, using the computer program available at the School of Mineral and Metallurgical Engineering, University of Minnesota.

Different situations are analyzed: (i) no sliding at the contact surfaces rock specimen-end plates of testing machine, (ii) sliding at that contact, and (iii) study of the influence of ratio length/diameter of the sample.

The obtained stress and displacement distributions in those cases lead to the prediction of mechanical behaviors which are characteristic of experimental results of rock testing in laboratory scale.

1 — INTRODUÇÃO

A compressão uniaxial de uma amostra cilíndrica de rocha, tal como outros tipos de solicitação mecânica actuando sobre as mais variadas configurações geométricas, pode ser analisada através do modelo matemático constituído por uma divisão do respectivo volume em elementos finitos, que são submetidos a condições de carga semelhantes às do provete. A estrutura discreta assim formada, que possui propriedades elásticas (mas não necessàriamente isótropas), representa com apreciável rigor o comportamento verificado no volume contínuo que constitui a amostra de rocha sujeita ao tipo de carga considerado.

Dado que em compressão uniaxial as condições de simetria geométrica proporcionam distribuições de deformações e tensões simétricas em relação ao eixo do provete, a análise matemática é do tipo axisimétrico (Zienkiewics (1968), pág. 46). Por outro lado, aquelas distribuições são também simétricas em relação ao plano paralelo às bases da amostra e que passe pelo seu centro de gravidade, visto as condições normais de carga em prensas assim o permitirem.

Nessas circunstâncias, nas diversas situações que serão analisadas em seguida apenas se considerou 1/4 da secção dos provetes, nomeadamente o sector superior direito. Idêntica distribuição de deformações e tensões se obtém para os restantes sectores do plano, tal como imagens reflectidas num espelho.

Este estudo será realizado fazendo uso do programa de computação por elementos finitos planos existente na School of Mineral and Metallurgical Engineering, University of Minnesota (programa HEATSTRESS).

Dado que o programa apresentado por Zienkiewics (pág. 228) dá origem a numerosas dificuldades, sendo de âmbito mais restrito, é apresentado em Anexo o programa HEATSTRESS, com as instruções necessárias para a sua utilização corrente.

2 — COMPRESSÃO UNIAXIAL SEM ESCORREGAMENTO ENTRE O PROVETE DE ROCHA E OS PRATOS DA PRENSA

A rede ou malha de elementos foi estabelecida com formato quadrangular, visto esta geometria oferecer melhores condições de rigor no cálculo, que a de elementos triangulares. O tamanho dos

* Assistente da Universidade de Luanda.
Bolseiro da Fundação Calouste Gulbenkian.

elementos diminui do centro para os extremos, sendo menor no canto superior direito do sector, onde é esperada maior concentração de tensões, em virtude do atrito entre as duas superfícies em contacto. Consegue-se dessa forma maior rigor nos resultados, ao mesmo tempo que as deformações e tensões são conhecidas com maior detalhe.

As características gerais da malha escolhida para o primeiro caso a analisar, são:

Número de elementos: 28
Número de nós : 40
Largura de banda (entre nós): 5
Número de cartões de pressão: 4

e o especimen é definido pelos seguintes parâmetros geométricos e mecânicos:

Relação diâmetro/altura: 1/2
Módulo de elasticidade (isótropo): 10^6 psi
Coeficiente de Poisson (isótropo): 0,25
Tensão de compressão axial: 1000 psi

As condições aos limites estabelecidas para o presente caso são as seguintes:

Nós fixos (Código 3) — Apenas o nó central do provete.

Nós apenas móveis na direcção horizontal (Código 2) — Para os pontos na base da secção, ou seja, situados sobre o plano de simetria horizontal.

Nós móveis apenas na direcção vertical (Código 1) — Para os pontos situados sobre o eixo de simetria do provete e para os situados no topo da secção, no contacto com o prato da prensa.

Nós completamente livres (Código 0) — Todos os restantes nós da estrutura incluindo os da superfície lateral do provete, visto o teste não incluir confinamento lateral.

A análise dos resultados do programa é realizada em termos das deformações sofridas pelos nós e pelas 3 tensões principais de (compressão ou tracção) verificadas no centro dos elementos (2 situadas no plano da estrutura e uma terceira normal ao referido plano). Outras informações são obtidas, conforme se descreve em Apêndice, mas para o caso presente apenas as duas grandezas referidas foram objecto de representação gráfica, como consta das Figs. 1 e 2.

Pela observação da Fig. 1, que inclui as deformações sofridas pelos 40 nós da estrutura, constata-se que o provete toma a forma final de um «barril», após a compressão uniaxial. Tal facto provém da sujeição dos topos, tal como foi considerada inicialmente.

Fig. 1 — Deformações verificadas em 1/4 da secção de provete de rocha após compressão uniaxial. Relação D/L = 1/2 e topos fixos.

A distribuição de tensões principais, esquematizada na Fig. 2, revela que nas proximidades do topo do provete existem maiores concentrações de tensões com direcções inclinadas para o interior da amostra.

A orientação das tensões principais (também conhecida por isostáticas ou trajectórias de tensão principal) torna-se mais próxima da vertical à medida que se aproximam do centro da amostra.

Duas zonas podem distinguir-se na secção: uma onde ambas as tensões principais no plano considerado são compressivas (representada a tracejado na Fig. 2) e outra onde a tensão principal horizontal é de tracção. Esta última estende-se por cerca de 63% da área total da secção, e é

importante defini-la visto a rocha ser muito menos resistente à tensão uniaxial do que à compressão uniaxial. Tal zona é portanto intimamente relacionada com a resistência à rotura do material, sendo utilizada adiante como critério

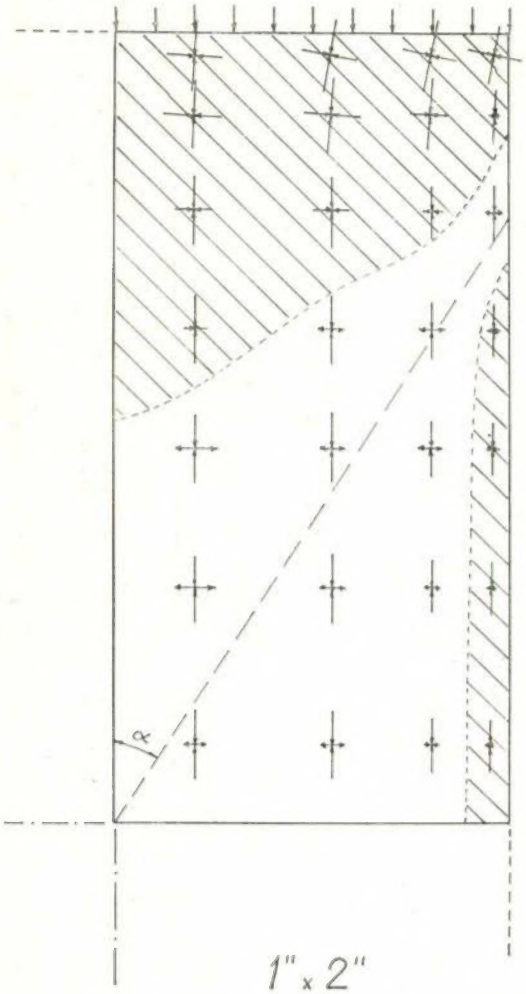


Fig. 2 — Distribuição das tensões principais no interior de 1/4 da secção do provete após compressão uniaxial. Relação D/L = 1/2 e topos fixos.

comparativo de estabilidade de provetes com diferentes relações diâmetro/altura.

Como dado estatístico, aponta-se que a resolução do presente problema demorou aproximadamente 5 segundos (tempo de cálculo) no computador CDC 6600.

3 — COMPRESSÃO UNIAXIAL COM ESCORREGAMENTO ENTRE O PROVETE DE ROCHA E OS PRATOS DA PRENSA

Utilizando idêntica geometria, ou seja, relação diâmetro/altura do provete igual a 2, e as mesmas propriedades de material, bem como semelhantes condições de carga do número anterior, pode analisar-se a distribuição de tensões e deformações no interior do sólido considerado, quando os topos do mesmo possuem liberdade para se expandirem lateralmente. Fazendo uso da técnica de elementos finitos é suficiente uma ligeira modificação nas condições aos limites existentes no extremo da amostra. No caso presente trata-se de considerar livres (Código 0) os nós dos elementos da estrutura confinantes com os pratos da prensa.

Na Fig. 3 encontra-se esquematizada a correspondente distribuição de tensões, que difere substancialmente da apresentada na Fig. 2.

A análise dos resultados e sua comparação

Fig. 3 — Distribuição das tensões principais no interior de 1/4 da secção do provete após compressão uniaxial Relação D/L = 1/2 e topos livres.

com o caso descrito no número anterior revela que em todos os pontos do interior da amostra existe uma tensão principal de tracção, com direcção perpendicular à força aplicada. Tal tensão decresce de valor desde a zona central do provete para a superfície lateral do cilindro. A distribuição das tensões no caso presente é caracterizada por maior uniformidade que anteriormente e as orientações das tensões principais apresentam paralelismo em relação às linhas de simetria da secção.

No que se refere à previsão de possíveis planos de fractura, quando a resistência do material é vencida localmente pode prever-se que, enquanto na hipótese referida na Fig. 2 o provete cederá provàvelmente ao longo de uma superfície inclinada em relação ao seu eixo, seguindo um mecanismo do tipo corte, produzindo os conhecidos fragmentos cónicos; no caso da Fig. 3 tal rotura será mais provável por escamação ou esfoliação longitudinal, desde que as tracções horizontais desenvolvidas excedam a resistência da rocha à tracção.

Quantitivamente estas tracções horizontais (que não são mais que a consequência do efeito de Poisson) não excedem 0.1 psi junto ao eixo de simetria, decrescendo até 10^{-4} psi na vizinhança dos lados do provete. O valor da tensão principal de compressão vertical é constante ao longo de toda a secção e igual a 10^{3} psi, coincidindo assim com a pressão aplicada nos topos da amostra.

A previsão dos dois tipos ou modos de fractura em compressão uniaxial de acordo com o comportamento do modelo matemático utilizado coincide completamente com resultados experimentais conhecidos (por exemplo, mencionados por Jaeger & Cook (1969), pág. 139).

De facto, quando há sujeição nos topos da amostra é normal obter-se uma ou mais superfícies de fractura inclinadas em relação ao eixo do provete; quando os topos são considerados livres (o que na prática se consegue pela utilização de lubrificantes sólidos intercalados entre a rocha e os pratos da prensa, ou por meio de artifícios de distribuição da compressão) o especimen rompe habitualmente por séries de fracturas paralelas ao seu eixo longitudinal.

Tais são também as conclusões apresentadas por Paul and Gangal (1967) numa análise extensiva à compressão biaxial.

4 — ESTUDO DA INFLUENCIA DA RELAÇÃO ALTURA/DIÂMETRO DA AMOSTRA

Mantendo as condições iniciais de compressão uniaxial, tal como foi descrito em 2, utilizou-se a técnica dos elementos finitos para analisar as diferenças de comportamento que ocorrem quando se faz variar a esbeltez do provete. Já que a consideração da hipótese de topos livres não se traduz por diferenças na distribuição de tensões quando se varia a relação L/D, mas apenas na ordem de grandeza das tracções horizontais (que aumentam quando a relação altura/diâmetro aumenta), tratar-se-á em especial do caso em que os topos são fixos.

Nestas condições, foram analisadas três outras situações, possuindo as seguintes características:

Relação altura/diâmetro	1/1	3 1	4 1
Compressão aplicada	1000 psi	1000 psi	1000 psi
Número de nós	25	55	65
Número de elementos	16	40	48

A geometria das malhas manteve-se, assim como o número de cartões de pressão utilizados no primeiro caso.

Os resultados encontram-se representados gràficamente nas Figs. 4, 5 e 6 no que diz respeito às tensões principais geradas no interior dos provetes.

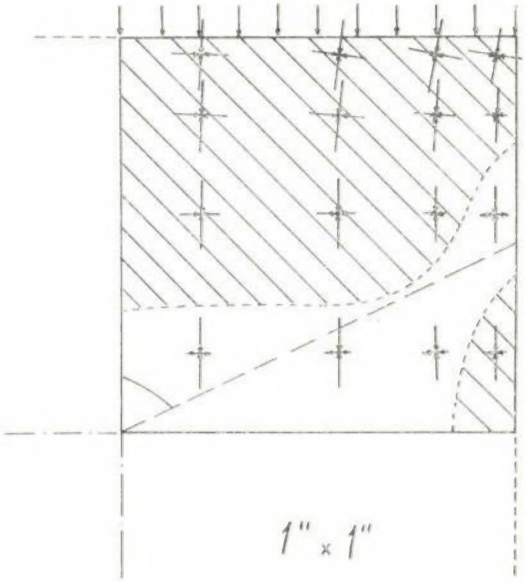


Fig. 4 — Distribuição das tensões principais no interior de 1/4 da secção do provete, após compressão uniaxial. Relação D/L = 1/1 e topos fixos.

As áreas representadas a tracejado correspondem a zonas onde não ocorre tracção e a sua incidência relativamente à área total considerada é:

Caso D/L = 1/1 . . . . 70 %
Caso D/L = 1/3 . . . . 30 %
Caso D/L = 1/4 . . . . 22 %

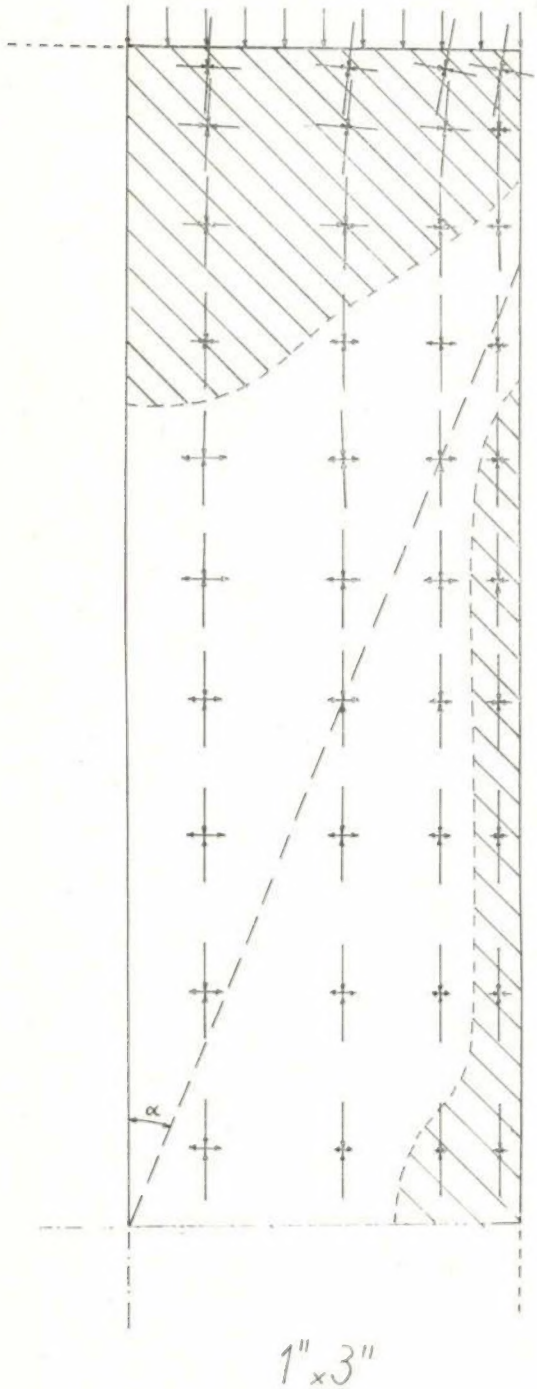


Fig. 5 — Distribuição das tensões principais no interior de 1/4 da secção de provete, após compressão uniaxial. Relação D/L = 1/3 e topos fixos.

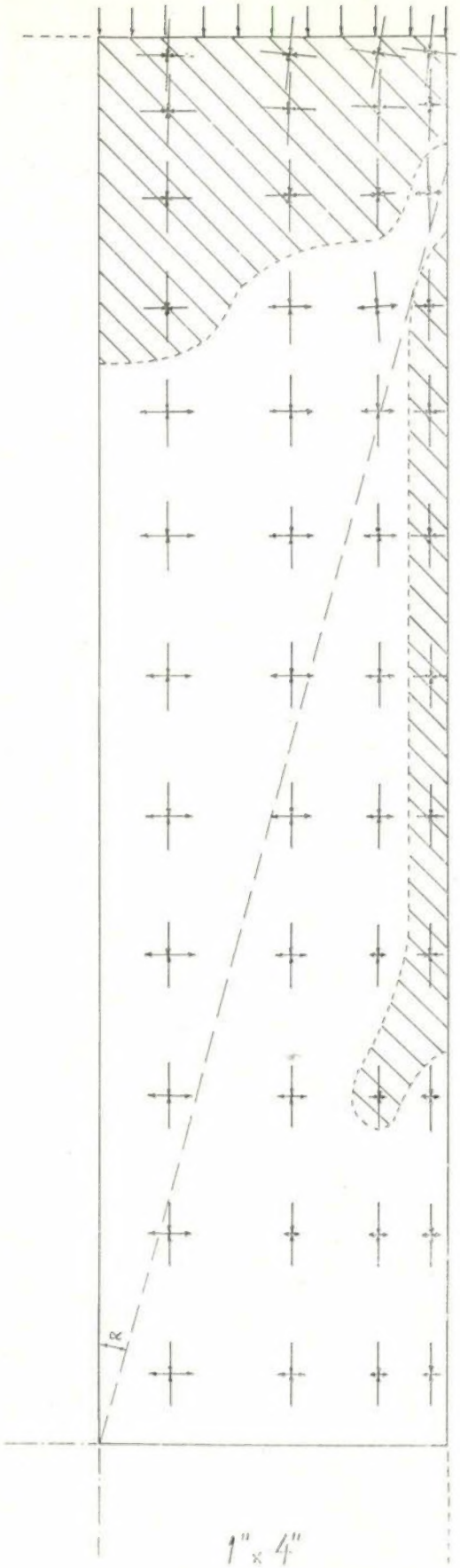


Fig. 6 — Distribuição das tensões principais no interior de 1/4 da secção do provete, após compressão uniaxial. Relação D/L = 1/4 e topos fixos.

No caso D/L = 1/2, como se referiu, tal área atinge 63% do total.

Da observação destes resultados conclui-se que:

a) O valor absoluto da área de total compressão (tracejado) é idêntico nos três casos, o que significa que a influência do atrito junto aos topos é independente da esbeltez do provete sendo apenas função da compressão aplicada.

b) A relação entre a área de total compressão e a área da secção decresce mais lentamente que o cociente altura diâmetro da amostra.

Tal variação, que se apresenta na Fig. 7 mostra que acima de um certo valor da relação altura/ /diâmetro do provete, a secção central do especimen é relativamente pouco afectada pelo contacto com os pratos rígidos da prensa. Visto que, por outro lado, um excessivo valor da relação D/L, como por exemplo 4/1, reduz consideràvelmente a resistência do provete, levando-o a romper por instabilidade elástica (encurvadura), conclui-se que a relação altura/diâmetro óptima está compreendida entre 2/1 e 3/1.

Fig. 7 — Variação da incidência das áreas de total compressão com a relação altura/diâmetro do provete.

c) A importância relativa das áreas daquelas zonas parece estar qualitativamente relacionada com a resistência à compressão do material. A redução desta última com a relação D/L costuma quantificar-se por meio da conhecida expressão de Obert et al. (1946):

$$C = C_1 \left[0.778 + 0.222 \frac{D}{L} \right]$$

em que C_1 é a resistência à compressão uniaxial quando a altura do provete é igual ao seu diâmetro e C é a mesma resistência para qualquer correspondente valor de D/L.

De acordo com esta expressão, as resistências dos vários provetes em função de C_1, são respectivamente:

$$C_2 = 0.89\ C_1$$
$$C_3 = 0.85\ C_1$$
$$C_4 = 0.83\ C_1$$

e as relações das áreas de total compressão obtidas pelo presente método são:

$$C_2 = \frac{0.63}{0.70}\ C_1 = 0.9\ C_1$$

$$C_3 = \frac{0.30}{0.70}\ C_1 = 0.43\ C_1$$

$$C_4 = \frac{0.22}{0.70}\ C_1 = 0.31\ C_1$$

e que revela que apenas para a relação 2/1 tal relação de áreas corresponde à relação de resistências. Todavia, as restantes reduções acompanham, embora qualitativamente, a redução de resistência à compressão com o aumento da altura do provete em relação ao seu diâmetro.

d) A orientação dos planos de rotura, expressa em termos do ângulo formado pelo presumível plano de fractura com o eixo do provete é fortemente dependente da esbeltez do provete, se se considerar que tal plano é um só e passa pelo centro da amostra.

Nestas condições, para os casos analisados o referido ângulo α é, aproximadamente:

65°	para	D/L = 1/1
30°	para	D/L = 2/1
20°	para	D/L = 3/1
15°	para	D/L = 4/1

Não considerando o primeiro destes casos visto tal ângulo exceder 45°, o que não está de acordo com o critério de Mohr-Coulomb, o qual prevê que tal ângulo α é dado por

$$\alpha = 45° - \frac{\varphi}{2}$$

onde φ é o ângulo de atrito interno do material, para os restantes três casos pode apreciar-se a validade do método, comparando com o referido critério. Este último pode ser anunciado nos

seguintes termos: a rotura por mecanismo de corte tem lugar ao longo do plano em que

$$|\tau| - \mu \sigma_n$$

se torna igual a uma constante do material. τ e σ_n representam as tensões tangencial e normal actuantes nesse plano e μ o coeficiente de atrito entre as superfícies em contacto.

Utilizando os valores obtidos no cálculo e considerando $\mu = 1$, como é comum em rochas, verifica-se que tal condição é expressa por

Relação L/D	$\lvert\tau\rvert - \mu\sigma_n$
2/1	73.0 psi
3/1	82.8 psi
4/1	76.4 psi

Estes valores, que apresentam relativa constância, corresponderiam à coesão da rocha, normalmente considerada um parâmetro característico do material. Este facto leva-nos a concluir que o método seguido para prever os ângulos de inclinação do plano de rotura com o eixo do provete, utilizando a análise por elementos finitos, é um processo digno de confiança.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Fundação Calouste Gulbenkian e à Universidade de Luanda o apoio concedido para a realização do estágio que tornou possível a elaboração do presente trabalho.

Ao Professor J. C. Jaeger agradece reconhecido as úteis sugestões concedidas sobre o assunto tratado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

— JAEGER, J. C. and COCK, N.G.W. (1969) — Fundamentals of Rock Mechanics. Methuen & Co Ltd. London.

— OBERT, L.; WINDES, S. L. and DUVALL, W. I. (1946) — Standardized Tests for Determining the Physical Properties of Mine Rock. U. S. Bureau of Mines Report of Investigations 3891.

— PAUL, B. and GANGAL, M. (1967) — Initial and Subsequent Fracture Curves for Biaxial Compression of Brittle Materials. Proceedings of the 8 th Symposium of Rock Mechanics. University of Minnesota.

— ZIENKIEWICZ, O. C. (1968) — The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics. McGraw-Hill. London.

APÊNDICE

Descrição do Programa de Computação HEATSTRESS

Objectivo

O programa HEATSTRESS destina-se a proceder ao cálculo de estados de tensão e deformação no interior de corpos sujeitos à acção de tensões quaisquer, usando o método dos elementos finitos. Os problemas a estudar são de natureza bi-dimensional, podendo incluir análises de estados planos de tensão, estados planos de deformação e situações de axisimetria.

Os sólidos que constituem as estruturas em causa, podem ser formados por diferentes espécies de materiais, possuindo diferentes propriedades elásticas. O programa está apto a considerar propriedades elásticas não lineares por meio de uma técnica iterativa. Efeitos de deformações ou tensões nas fronteiras do sólido assim como cargas concentradas, forças de gravidade e expansão térmica são considerados no seu contexto. A linguagem utilizada é FORTRAN-IV.

Capacidade do Programa

O primeiro passo para resolver um problema é decompor o sólido considerado em elementos triangulares e/ou quadrangulares (não necessàriamente regulares), que formem uma malha bem adaptada à geometria do sólido e às condições da carga aplicada. Cada nó no interior da malha deverá pertencer pelo menos a três elementos, sendo sempre origem de lados de elementos. Tal malha deverá aproveitar as particularidades de simetria do corpo devendo ser mais apertada em zonas críticas para fornecer mais completa informação.

Os contornos do sólido poderão ser irregulares ou convexos.

Os dados a fornecer com o programa («input data») incluem:

— Descrição da malha representativa do sólido.
— Condições aos limites e condições de carga.
— Propriedades do material ou materiais constituintes do sólido.

Adiante fornecem-se detalhes sobre o formato dos cartões que especificam os dados do problema («data cards»), os quais são introduzidos no computador imediatamente a seguir ao programa. Com este processo, de uma só vez o programa pode ser utilizado na resolução de um número qualquer de diferentes problemas, os quais são dispostos em série após o «deck» que constitui o programa.

Os limites de programação estão indicados a seguir:

Item	*Número máximo*
Nós	450
Elementos	450
Diferentes materiais	12
Cartões de pressão	200
Propriedades não lineares (número de segmentos lineares na curva tensão-deformação)	2
Diferença máxima entre a numeração dos nós de cada elemento (largura de banda)	40

Os resultados («output data») são impressos sob a seguinte ordem:

a) Reimpressão dos «input data»
b) Deslocamentos dos nós da estrutura (uma componente vertical e outra horizontal)
c) Tensões normais verificadas no centro dos elementos, nos seus lados, tensões de corte ao longo dos lados e ângulo formado pela maior das tensões principais com a direcção horizontal.

Os tempos normais de cálculo para este programa com uma malha de 250 elementos são de 60 segundos utilizando o computador CDC 6600.

Formato dos dados de problema («input data format»)

Seguidamente apresenta-se uma lista dos cartões perfurados a fornecer após o programa, segundo a ordem indicada.

1.º Cartão — Identificação

Qualquer palavra ou palavras sobre o tema do problema e nome do autor. Utilizável desde a coluna 1 até 80.

2.º Cartão — Cartão de controle (4 I 5, 3 F 10.2, 4 I 5)

colunas:	1-5	Números de nós da malha
	6-10	Número de elementos
	11-15	Número de diferentes materiais
	16-20	Número de cartões de pressão
	21-30	Aceleração axial na direcção vertical (positiva para baixo como por exemplo, gravidade)
	31-40	Velocidade angular (radianos)
	41-50	Temperatura de referência (temperatura livre de tensões)
	51-60	Número de aproximações (para materiais elásticos: 1)
	56-60	Tipo de análise: Axisimétrica: 0

Estado plano de tensão: 1
Estado plano de deformação: − 1

3.º cartão — Propriedades do (ou dos) materiais

Para cada diferente material deverá ser perfurado um cartão no formato (2 I 5, 2F10.0)

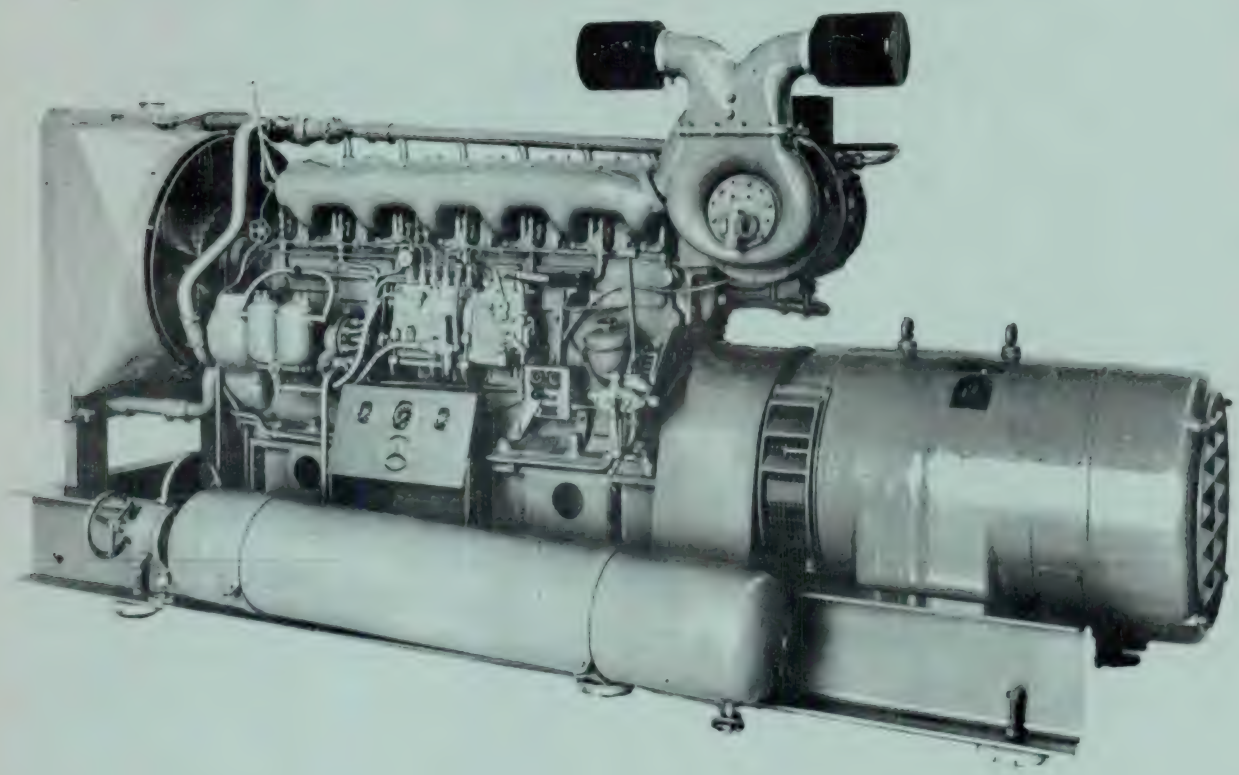
colunas:	1-5	Identificação do material (qualquer número entre 1 e 12)
	6-10	Número de diferentes temperaturas para as quais as propriedades são dadas (máximo: 8)
	11-20	Peso específico do material
	21-30	Cociente entre o módulo de plasticidade e o módulo de elasticidade (só quando se empregam materiais não lineares e o número de aproximações > 1)

Cartões seguintes — Um para cada temperatura considerada: Format (8F10.0)

coluna	1-10	Temperatura
	11-20	Módulo de Elasticidade E_1
	21-30	Coeficiente de Poisson ν_1
	31-40	Módulo de Elasticidade E_2
	41-50	Coeficiente de Poisson ν_2

MERCEDES-BENZ

MOTORES DIESEL



DE ALTA QUALIDADE E DE GRANDE RENDIMENTO PARA TODOS OS FINS

REPRESENTANTE:

MENDES DE ALMEIDA, SARL.

OFICINAS ESPECIALIZADAS — ARMAZÉNS — STAND VENDAS

AV. 24 DE JULHO, 52-A-G — LISBOA — TELEF. 667710

SKF

O maior fabricante mundial de rolamentos oferece-lhe agora, também outros produtos, dos quais destacamos:

Acoplamentos «KOPPERS»
Ferramentas de roscar
Grupos cónicos
Mangas de esferas «STAR»
Massa lubrificante
Material têxtil
Pontos rotativos
Redutores velocidade «SINCRON»
Retentores especiais «V-RING»
Retentores para indústria «RUBER»
Rodas e rodízios
Rolamentos de esferas, agulhas e roletes
Rótulas lisas
Tubos para condução de líquidos corrosivos incluindo água salgada
Variadores «SINCRON»

apoiados como sempre numa ASSISTÊNCIA TÉCNICA PERFEITA

SOCIEDADE SKF LIMITADA

Praça da Alegria, 66-A — LISBOA
Telefones 36 23 01-2-3-4

R. Delfim Ferreira, 604 — PORTO
Telefones 69 20 54-5-6-7-8

51-60 Coeficiente de dilatação α_1
61-70 Coeficiente de dilatação α_2
71-80 Tensão de cedência

A indicação dos coeficientes de dilatação é necessária apenas no caso de análise de tensões térmicas.

Para substâncias elásticas isótropas

$$E_1 = E_2 \quad ; \quad \nu_1 = \nu_2$$

Cartões indicativos dos nós — Um para cada nó da estrutura e dispostos em sequência numérica. O programa não exige todos os nós visto dispor de uma instrução que faz gerar os nós intermédios entre dois extremos, com iguais intervalos de coordenadas.

No caso de diferentes temperaturas extremas os valores intermédios são gerados por interpolação linear.

Cada cartão relativo a um nó possui formato (2 I 5, 5F10.0)

Coluna 1-5 Número de ordem do nó
10 Código O se for nó livre
1 idem, na direcção vertical
2 idem, na direcção horizontal
3 nó fixo
11-20 Coordenada horizontal do nó (R)
21-30 Coordenada vertical do nó (Z)
31-40 Cargas ou deslocamentos exteriormente impostos sobre o nó (usando o Código referido) na direcção Z
41-50 Idem, na direcção Z
51-60 Temperatura

Cartões indicativos dos elementos — Utilizam o formato (6 I 5) sendo um cartão para cada elemento, e devendo dispor-se em sequência numérica. Se alguns cartões são omitidos, os elementos respectivos são gerados pelo programa, aumentando uma unidade a cada número existente.

Em qualquer caso, o último elemento deve sempre figurar.

Coluna 1-5 Número de ordem do elemento
6-10 Nó I
11-15 Nó J
16-20 Nó K
21-25 Nó L
26-30 Identificação do material

É fundamental obedecer-se às seguintes regras:

a) Ordenar os nós que definem o elemento no sentido contrário ao movimento dos ponteiros do relógio, iniciando-se por um qualquer.

b) A máxima diferença entre o número de nós não deve exceder 40.

c) Se o elemento é triangular, repetir o último nó, ou seja, K = L.

d) No caso de ser necessário eliminar um ou mais elementos da estrutura (por exemplo, para introduzir um vazio ou fractura) escrever o número de identificação do material igual a zero.

Cartões de pressão (2 I 5, 1F10.0)

Um cartão para cada elemento da periferia do sólido que estiver sujeito a pressão exterior.

Coluna 1-5 Nó I
6-10 Nó J
11-20 Valor da pressão aplicada normalmente à face do elemento.

O critério para designar se a pressão é de compressão ou de tracção é o seguinte: rodando 90° (contràriamente ao movimento dos ponteiros do relógio) o vector JI em torno de I, se a direcção de seta coincidir com a pressão aplicada, esta é uma compressão. Na hipótese contrária será tracção e a ordem em que os elementos são indicados deverá ser primeiro J e seguidamente I.

Utilizando esta notação consegue-se que nos resultados as tracções sejam positivas e as compressões negativas.

Seguidamente é apresentada uma descrição completa do programa HEATSTRESS e respectivas subrotinas, num total de oito (STIFF, QUAD, TRISTF, SYMINV, INTER, MODIFY, STRESS e BANSOL).

```
      PROGRAM HEATSTR(INPUT,OUTPUT,TAPE 5=INPUT,TAPE 6=OUTPUT,TAPE 8,
     1TAPE 9)
C     F E A S T - 1     ( DOUBLE PRECISION VERSION )
C
      DOUBLE PRECISION A,B,DD,E,M,PM,RR,T,UZ,ZA,ACELZ,C,DR,EE,HED,Q,RRR
      DOUBLE PRECISION TP,XI,ZZ      ,CODE,DT,EPS,HHH,S,TT,XANN,ZZZ,D
      DOUBLE PRECISION ANGLE,DZ,F,P,RO,SIG,UR,Z
      REAL HED,E,RO,XANN,P,Z,UR,UZ,T,PM,ANGFU,ACELZ,ANGLE,TEMP,Q
*************************
      REAL CODE
*************************
      LOGICAL ICHECK,ELAST
      COMMON F(8,8,12),RO(12),XANN(12),R(450),Z(450),UR(450),
     1 UZ(450),CODE(450),T(450),IAC(200),JBC(200),PR(200),ANGLE(9),
     2ACELZ,ANGFU,TEMP,Q,HED(20),NUMNP,NUMEL,NUMMAT,
     3 NUMPC,MTYPE,NP,SIG(10)
      COMMON /ARG/ RR4(5),ZZZ(5),S(10,10),P(10),TT(4),LM(4),DD(3,3),
     1 HH(8,10),RR(4),ZZ(4,2),K(4),H(8,10),D(8,8),F(8,10),TP(8),A(10)
     2 ,EE(7),IX(450,5),EPS(450)
      COMMON /BANARG/ MHAND,NUMBLK,B(164),A(164,82)
      COMMON /PLANE/ NPP,ELAST
C
C*****************************************************************
C     READ AND PRINT OF CONTROL INFORMATION AND MATERIAL PROPERTIES
C*****************************************************************
      TIME=0.
   50 READ  (5,1000) HED,NUMNP,NUMEL,NUMMAT,NUMPC,ACELZ,ANGFU,Q,NP,NPP,
     1IPLOT
      TIME=TIME
      CALL SECOND(TIME)
      TIME=TIME
      WRITE(6,2020) TIME, TIME
      ELAST=.FALSE.
      ICHECK=.FALSE.
      WRITE (6,2000) HED,NUMNP,NUMEL,NUMMAT,NUMPC,ACELZ,ANGFU,Q,NP
C
      IF (NPP) 55,56,54
   55 WRITE (6,2012)
      GO TO 56
   54 WRITE (6,2008)
   56 DO 57 M=1,NUMMAT
      READ (5,1001) MTYPE,NUMTC,RO(MTYPE),XANN,MTYPE
      WRITE (6,2011) MTYPE,NUMTC,RO(MTYPE),XANN,MTYPE
      READ (5,1006) ((E(I,J,MTYPE),J=1,8),I=1,NUMTC)
      WRITE (6,2013) ((E(I,J,MTYPE),J=1,8),I=1,NUMTC)
      DO 58 I=  NUMTC,8
      DO 58 J=1,8
   58 E(I,J,MTYPE)=E(NUMTC,J,MTYPE)
   57 CONTINUE
C
C*****************************************************************
C     READ AND PRINT OF NODAL POINT DATA
C*****************************************************************
      WRITE (6,2004)
      L=0
   60 READ (5,1002) N,CODE(N),R(N),Z(N),UR(N),UZ(N),T(N)
      NL=L+1
      IF(L.EQ.0) GO TO 70
      ZX=N-L
      DR=(R(N)-R(L))/ZX
      DZ=(Z(N)-Z(L))/ZX
      DT=(T(N)-T(L))/ZX
   70 L=L+1
      IF(N-L) 100,90,80
   80 CODE(L)=0.0
      R(L)=R(L-1)+DR
      Z(L)=Z(L-1)+DZ
      UR(L)=0.0
      UZ(L)=0.0
      T(L)=T(L-1)+DT
      GO TO 70
   90 WRITE (6,2002) N,CODE(N),R(N),Z(N),UR(N),UZ(N),T(N),XANN,N
      IF(NUMNP-N) 100,110,60
  100 WRITE (6,2009) N
      ICHECK=.TRUE.
  110 CONTINUE
C*****************************************************************
C       READ AND PRINT OF ELEMENT PROPERTIES
C*****************************************************************
      WRITE (6,2001)
      M=0
  130 READ (5,1003) M,IX(M,1),I=1,5)
      N=M-1
      IF(M-N) 170,170,150
  150 IX(N,1)=IX(N-1,1)+1
      IX(N,2)=IX(N-1,2)+1
      IX(N,3)=IX(N-1,3)+1
      IX(N,4)=IX(N-1,4)+1
      IX(N,5)=IX(N-1,5)
  170 WRITE (6,2003) M,(IX(M,I),I=1,5)
      IF (M-N) 185,180,140
  185 WRITE (6,2013) M
      ICHECK=.TRUE.
  180 IF (NUMEL-N) 190,190,130
  190 CONTINUE
C*****************************************************************
C     READ AND PRINT OF PRESSURE BOUNDARY CONDITIONS
C*****************************************************************
      IF (NUMPC) 290,310,290
  290 WRITE (6,2005)
      DO 300 L=1,NUMPC
      READ  (5,1004) IBC(L),JBC(L),PR(L)
  300 WRITE (6,2007) IBC(L),JBC(L),PR(L)
  310 CONTINUE
C*****************************************************************
C     DETERMINE BAND -IDT-
C*****************************************************************
      J=0
      DO 340 N=1,NUMEL
      DO 340 I=1,4
      DO 325 L=1,4
      KK=IABS(IX(N,I)-IX(N,L))
      IF (KK-J) 325,325,320
  320 J=KK
  325 CONTINUE
  340 CONTINUE
      MHAND=2*J+2
C*****************************************************************
C     SOLVE NON-LINEAR STRUCTURE BY SUCCESSIVE APPROXIMATIONS
C*****************************************************************
      DO 350 N=1,NUMEL
  350 EPS(N)=0.0
      IF(ICHECK)GO TO 50
C
      DO 500 NNN=1,NP
C
C     FORM STIFFNESS MATRIX
C
      CALL STIFF(ICHECK)
      IF(ICHECK) GO TO 50
C
C     SOLVE FOR DISPLACEMENTS
C
      CALL MARSH
C
      WRITE (6,2006) (N,R(2*N-1),R(2*N),N=1,NUMNP)
C
C     COMPUTE STRESSES
C
      IF(IPLOT.LE.0)  GO TO 501
      IF( NNN.LT.NP)  GO TO 501
      IPLOT=IPLOT
  501 CALL STRESS(IPLOT)
C
      ELAST=.TRUE.
  500 CONTINUE
C*****************************************************************
      GO TO 50
C*****************************************************************
 1000 FORMAT (2A4,A1B,3F10.0,3I5)
 1001 FORMAT (I5,F10.0)
 1002 FORMAT (I5,F5.0,5F10.0)
 1003 FORMAT (6I5)
 1004 FORMAT (2I5,F10.0)
 1005 FORMAT (8F10.0)
 2000 FORMAT (1H1,2A4,
     ' 30H0 NUMBER OF NODAL POINTS-------,I3 /
     2 30H0 NUMBER OF ELEMENTS----------,I3 /
     3 30H0 NUMBER OF DIFF. MATERIALS---,I3 /
     4 30H0 NUMBER OF PRESSURE CARDS----,I3 /
     5 30H0 INITIAL ACCELERATION--------,E12.4/
     6 30H0 ANGULAR VELOCITY------------,E12.4/
     7 30H0 REFERENCE TEMPERATURE-------,E12.4/
     8 30H0 NUMBER OF APPROXIMATIONS----,I3)
 2001 FORMAT (40H0ELEMENT NO.      I     J     K     L    MATERIAL  )
 2002 FORMAT (I5,F12.2,F12.3,5X,F10.3,5X,F10.2,
 2003 FORMAT (I13,4I6,I112)
 2004 FORMAT (33H0NODAL POINT          TYPE  R-COORDINATE  Z-COORDINATE  R LO
     1AD OR DISPLACEMENT  Z LOAD OR DISPLACEMENT TEMPERATURE )
 2005 FORMAT (29H0PRESSURE BOUNDARY CONDITIONS/ 24H      I     J    PRESS
     1URE )
 2006 FORMAT (I2H1N,P, NUMBER,10X,2HUR,10X,2HUZ / (I112,2D20.7))
 2007 FORMAT (2I5,F12.3)
 2008 FORMAT (23H0PLANE STRESS STRUCTURE )
 2009 FORMAT (24H0NODAL POINT CARD ERROR N=,I5)
 2010 FORMAT (13H0   TEMPERATURE,E12.4,5H ELAS,E12.4,5H ALPHA(T),E12.4,
     1 10H ,5HNU(T),6X,9HA PHA(R),7X,8HALPHA(T),13H   YIELD STRESS /
     2 (8(E12.4,2X)))
 2011 FORMAT (11H0MATERIAL NUMBER,I3, 3H, NUMBER OF TEMPERATURE CARDS
     1,I3, 15H, MASS DENSITY=,E12.4 ,16H,MODULUS RATIO=,E12.4 )
 2012 FORMAT (23H0PLANE STRAIN STRUCTURE)
 2013 FORMAT(22H0ELEMENT CARD ERROR N=,I5)
 2020 FORMAT(1H0///,110X,10HTOTAL TIME,F9.3/10X,12HPROBLEM TIME,F9.3)
C
      END
      SUBROUTINE STIFF(ICHECK)
C
      DOUBLE PRECISION A,CC,DD,EE,HED,R,RX,STOP,U,X1,ZZ,ANGLE,CODE,DR
      DOUBLE PRECISION EPS,HH,P,RO,S,T,UR,XANN,ZZZ,B,COSA,DZ,F,PP,HH
      DOUBLE PRECISION SIG,TP,UZ,Z,C,D,E,HH,DR,HHH,SINA,TT,VOL,ZA
      REAL HED,E,RO,XANN,A,Z,UR,UZ,T,PM,ANGFU,ACELZ,ANGLE,TEMP,Q
*************************
      REAL CODE
*************************
      LOGICAL ICHECK,ELAST
      COMMON F(8,8,12),RO(12),XANN(12),R(450),Z(450),UR(450),
     1 UZ(450),CODE(450),T(450),IAC(200),JBC(200),PR(200),ANGLE(9),
     2ACELZ,ANGFU,TEMP,Q,HED(20),NUMNP,NUMEL,NUMMAT,
     3 NUMPC,MTYPE,NP,SIG(10)
      COMMON /ARG/ RR4(5),ZZZ(5),S(10,10),P(10),TT(4),LM(4),DD(3,3),
     1 HH(8,10),RR(4),ZZ(4,2),K(4),H(8,10),D(8,8),F(8,10),TP(8),A(10)
     2 ,EE(7),IX(450,5),EPS(450)
      COMMON /BANARG/ MHAND,NUMBLK,B(164),A(164,82)
      COMMON /PLANE/ NPP,ELAST
C
C*****************************************************************
C     INITIALIZATION
C*****************************************************************
      REWIND 8
      NP=0
      NU2=2*NP
      STOP=0.0
      NUMBLK=0
C
      DO 50 N=1,NU2
      B(N)=0.0
      DO 50 M=1,NU
   50 A(N,M)=0.0
C*****************************************************************
C     FORM STIFFNESS MATRIX IN BLOCKS
C*****************************************************************
   60 NUMBLK=NUMBLK+1
      NMAXP=(NUMBLK+1)
      NM=NMAXP
    6 NL=NM-NU+1
      KSHIFT=2*NL-2
C
      DO 210 N=1,NUMEL
C
      IF (IX(N,5)) 210,210,65
   65 DO 80 I=1,4
      IF (IX(N,I)-NL) 80,70,70
   70 IF (IX(N,I)-NM) 90,90,80
   80 CONTINUE
      GO TO 210
C
   90 CALL QUAD(N,VOL)
C
      IF(VOL) 142,142,144
  142 WRITE (6,2008) N
      STOP=1.0
  144 IF(IX(N,3)-IX(N,4)) 145,165,145
  145 DO 150 II=1,9
      CC=S(II,10)/S(10,10)
      P(II)=P(II)-CC*P(10)
      DO 150 JJ=1,9
  150 S(II,JJ)=S(II,JJ)-CC*S(10,JJ)
C
```

```
      DO 160 II=1,8
      CC=S(II,9)/S(9,9)
      P(II)=P(II)-CC*P(9)
      DO 160 JJ=1,8
  160 S(II,JJ)=S(II,JJ)-CC*S(9,JJ)
C
C           ADD ELEMENT STIFFNESS TO TOTAL STIFFNESS
C
  165 DO 166 I=1,4
  166 LM(I)=2*IX(N,I)-2
C
      DO 200 I=1,4
      DO 200 K=1,2
      II=LM(I)+K-KSHIFT
      KK=2*I-2+K
      B(II)=B(II)+P(KK)
      DO 200 J=1,4
      DO 200 L=1,2
      JJ=LM(J)+L-II+1-KSHIFT
      LL=2*J-2+L
      IF(JJ) 200,200,175
  175 IF(ND-JJ) 180,195,195
  180 WRITE (6,2004) N
      STOP=1.0
      GO TO 210
  195 A(II,JJ)=A(II,JJ)+S(KK,LL)
  200 CONTINUE
  210 CONTINUE
C
C     ADD CONCENTRATED FORCES WITHIN BLOCK
C
      DO 250 N=NL,NM
      IF (N.GT.NUMNP) GO TO 251
      K=2*N-KSHIFT
      B(K)=B(K)+UZ(N)
  250 B(K-1)=B(K-1)+UR(N)
  251 CONTINUE
C
C     BOUNDARY CONDITIONS
C
C       1. PRESSURE B.C.
C
      IF (NUMPC) 280,310,280
  280 DO 300 L=1,NUMPC
      I=IHC(L)
      J=JBC(L)
      PP=PR(L)/6.
      DZ=(Z(I)-Z(J))*PP
      DR=(R(J)-R(I))*PP
      RK=2.0*R(I)+R(J)
      ZK=R(I)+2.0*R(J)
      IF (NPP) 282,284,282
  282 RK=3.0
      ZK=3.0
  284 II=2*I-KSHIFT
      JJ=2*J-KSHIFT
      IF (II) 280,280,285
  285 IF (II-ND) 270,270,280
  270 SINA=0.0
      COSA=1.0
      IF (CODE(I)) 271,272,272
  271 SINA=SIN(CODE(I))
      COSA=COS(CODE(I))
      WRITE (6,2020) I,CODE(I)
 2020 FORMAT(1H0,4HD *,I3,*  CODE = *,E12.4)
  272 A(II-1)=A(II-1)+RK*(COSA*DZ+SINA*DR)
      B(II)=B(II)+RK*(SINA*DZ-COSA*DR)
  280 IF (JJ) 300,300,285
  285 IF (JJ-ND) 290,290,300
  290 SINA=0.0
      COSA=1.0
      IF (CODE(J)) 291,292,292
  291 SINA=SIN(CODE(I))
      COSA=COS(CODE(I))
      WRITE (6,2020) I,CODE(I)
  292 A(JJ-1)=A(JJ-1)+ZK*(COSA*DZ+SINA*DR)
      A(JJ)=A(JJ)+ZK*(SINA*DZ-COSA*DR)
  300 CONTINUE
C
C       2. DISPLACEMENT B.C.
C
  310 DO 400 N=NL,NM
      IF (N-NUMNP) 315,315,400
  315 J=JBC(N)
      KZ=2*J-KSHIFT
      IF (CODE(N)) 390,400,316
  316 IF (CODE(N)-1.) 317,370,317
  317 IF (CODE(N)-2.) 318,390,318
  318 IF (CODE(N)-3.) 390,380,390
  370 CALL MODIFY(A,B,ND2,M3AND,N,U)
      GO TO 400
  380 CALL MODIFY(A,B,ND2,M3AND,N,U)
  390 I=IX(N)
      N=N+1
      CALL MODIFY(A,B,ND2,M3AND,N,U)
  400 CONTINUE
C
C       WRITE BLOCK OF EQUATIONS ON TAPE AND SHIFT UP LOWER BLOCK
C
      WRITE (8) ((A(N,M),M=1,M3AND),N=1,ND)
C
      DO 420 N=1,ND
      K=N+ND
      B(N)=B(K)
      B(K)=0.0
      DO 420 M=1,ND
      A(N,M)=A(K,M)
  420 A(K,M)=0.0
C
C     CHECK FOR LAST BLOCK
C
      IF (NM-NUMNP) 60,480,480
  480 CONTINUE
      ICHECK=.ELAST
C*****************************************************
      IF(STOP) 490,500,490
  490 ICHECK=.TRUE.
  500 RETURN
C
 2003 FORMAT (26HONEGATIVE AREA ELEMENT NO.,I4)
 2004 FORMAT (29H0BAND WIDTH EXCEEDS ALLOWABLE,I4)
      END
      SUBROUTINE QUAD(N,VOL)
C
      DOUBLE PRECISION C,DD,EPS,MED,R,RRR,TEMP,UZ,Z,VOL
      DOUBLE PRECISION A,ANGLE,CODE,DEN,EPSR,MM,P,RATIO,S,TP,X1,ZZ,COMM
      DOUBLE PRECISION E,RR,RD,SJ,TT,AX,ZZZ,B,UEE,M,D,RRA,T,UR,XXN
      REAL MEU,E,RO,XXNN,H,Z,UR,UZ,T,PR,ANGFG,ACELZ,ANGLE,TEMP,Q
*****************************************
      REAL CODE
*****************************************
      LOGICAL ELAST
      COMMON ETM,R(2),RD(2),XXNN(2),P(450),Z(450),UR(450),
     1 UZ(450),CODE(450),T(450),IHC(200),JBC(200),PR(200),ANGLE(4),
     2ACELZ,ANGFG,TEMP,Q,MEU(20),NUMNP,NUMEL,NUMMAT,
     3 NUMPC,MTYPE,NP,SIG(10)
      COMMON /ZZZ/ RRA(5),ZZZ(5),S(10,10),P(10),TT(4),LM(4),DD(3,3),
     1 MM(6,10),RR(4),ZZ(4),Z1(4),R(4),M(8,8),D(8,8),F(8,10),TP(8),A(10)
     2 ,EE(7),IX(450,5),E5(450)
      COMMON /MANARG/ MRAND,NJMBLK,B(106),A(16,82)
      COMMON /PLANE/ NPP,ELAST
C
   98 I=IX(N,1)
      J=IX(N,2)
      K=IX(N,3)
      L=IX(N,4)
      MTYPE=IX(N,5)
      TAN=SIG(MTYPE)
C
C           FORM STRESS-STRAIN RELATIONSHIP
C
      TEMP=(T(I)+T(J)+T(K)+T(L))/4.0
      DO 103 M=2,4
      IF (E(M,1,MTYPE)-TEMP) 103,104,104
  103 CONTINUE
      M=4
  104 RATIO=1.0
      EEXPE(M,1,MTYPE)=E(M-1,1,MTYPE)
      IF (DEN) 88,71,88
   88 RATIO=(E(M,2)-E(M-1,1,MTYPE))/DEN
   71 DO 109 KK=1,7
  109 EE(KK)=E(M-1,KK+1,MTYPE)+RATIO*(E(M,KK+1,MTYPE)-E(M-1,KK+1,MTYPE))
      TEMP=TEMP-4
C
C
      EPS=EE(7)/EE(1)
      IF (EPS-EPSN) 106,106,100
  106 RATIO=EE(7)/(EPSN)*EE(1)/(1.0-XXNN(MTYPE))*XXNN(MTYPE)
      EE(1)=EE(1)*RATIO
      EE(3)=EE(3)*RATIO
      ELAST=.FALSE.
  100 CONTINUE
C
      IF (NPP) 85,86,84
   85 C(1,1)=1./EE(1)
      C(1,2)=-EE(2)/EE(3)
      C(1,3)=-EE(2)/EE(1)
      C(2,1)=C(1,2)
      C(2,2)=1./EE(3)
      C(2,3)=C(1,2)
      C(3,3)=C(1,1)
      C(3,1)=C(1,3)
      C(3,2)=C(2,3)
      CALL SYMINV(C,3)
      C(4,4)=.5*EE(1)/(1+EE(2))
      DO 81 M=1,3
   81 TT(M)=(C(M,1)+C(M,3))*EE(5)+C(M,2)*EE(6))*TEMP
      DO 83 M=1,3
   83 C(3,M)=0.
      C(1,3)=0.
      C(2,3)=0.
      GO TO 87
   84 XX=EE(1)/EE(3)
      COMM=EE(1)/(XX-EE(2)**2)
      C(1,1)=COMM*XX
      C(1,2)=COMM*EE(2)
      C(1,3)=0.0
      C(2,1)=C(1,2)
      C(2,2)=COMM
      C(2,3)=0.0
      C(3,1)=0.0
      C(3,2)=0.0
      C(3,3)=0.0
      C(4,4)=.5*EE(1)/(1+EE(2))
      GO TO 89
C
   86 C(1,1)=1.0/EE(1)
      C(1,2)=-EE(2)/EE(1)
      C(1,3)=-EE(4)/EE(3)
      C(2,1)=C(1,2)
      C(2,2)=C(1,1)
      C(2,3)=C(1,3)
      C(3,1)=C(1,3)
      C(3,2)=C(2,3)
      C(3,3)=1.0/EE(3)
      CALL SYMINV(C,3)
      C(4,4)=EE(1)/(2.0-2.0*EE(2))
C
   89 DO 110 M=1,3
  110 TT(M)=(C(M,1)+C(M,2))*EE(5)+C(M,3)*EE(6))*TEMP
C
C           FORM QUADRILATERAL STIFFNESS MATRIX
C
   87 RRR(5)=(R(I)+R(J)+R(K)+R(L))/4.0
      ZZZ(5)=(Z(I)+Z(J)+Z(K)+Z(L))/4.0
      DO 96 M=1,4
      MM=IX(N,M)
      IF(NPP) 93,89,93
   89 IF (R(MM)) 93,91,93
   91 R(MM)=.001*RRR(5)
      IF (CODE(MM)) 93,92,93
   92 CODE(MM)=1.0
   93 RRR(M)=R(MM)
   94 ZZZ(M)=Z(MM)
C
      DO 100 II=1,10
      S(II)=0.0
      DO 95 JJ=1,6
   95 MM(JJ,II)=0.0
      DO 100 JJ=1,10
  100 S(II,JJ)=0.0
      DO 119 II=1,4
      JJ=IX(N,II)
  119 ANGLE(II)=CODE(JJ)/57.3
C
      IF (K-L) 125,120,125
  120 CALL TRISTF(1,2,3)
      RRR(5)=(RRR(1)+RRR(2)+RRR(3))/3.0
      ZZZ(5)=(ZZZ(1)+ZZZ(2)+ZZZ(3))/3.0
      VOL=A(1)
```

```
      GO TO 140
  125 VOL=0.0
      CALL TRISTF(4,1,5)
      VOL=VOL+X(1)
      CALL TRISTF(1,2,5)
      VOL=VOL+X(1)
      CALL TRISTF(2,3,5)
      VOL=VOL+X(1)
      CALL TRISTF(3,4,5)
      VOL=VOL+X(1)
      DO 140 II=1,6
      DO 140 JJ=1,10
  140 HH(II,JJ)=HH(II,JJ)/V.
C
  150 RETURN
C
      END
      SUBROUTINE TRISTF(II,JJ,KK)
C
      DOUBLE PRECISION TP,UR,UZ,XI,XXNN,Z,ZZ,ZZZ
      DOUBLE PRECISION ACELZ,ANGFQ,ANGLE,C,E,EDUE,COMM,COSA,DUR,SIGMAX,EPS
      DOUBLE PRECISION F,H,HED,HH,P,PR,R,RO,RR,RRR,S,SIG,SINA,T,TEM,TT
      REAL HED,E,RO,XXNN,R,Z,UR,UZ,T,PR,ANGFQ,ACELZ,ANGLE,TEMP,V
*****************************
      REAL CODE
*****************************
      COMMON E(8,8,12),RO(12),XXNN(12),R(450),Z(450),UR(450),
     1 UZ(450),CODE(450),T(450),IBC(200),JBC(200),PR(200),ANGLE(*),
     2ACELZ,ANGFQ,TEMP,Q,HED(20),NUMNP,NUMEL,NUMMAT,
     3 NUMPC,MTYPE,NP,SIG(10)
      COMMON /ARG/ RR(5),ZZ(5),S(10,10),P(10),TT(4),C(4),CO(4),X(1),
     1 HH(6,10),RR(4),ZZ(4),C(4,4),H(6),HH(6),F(6,10),TP(6),XI(6),
     2 EE(7),IK(450,5),EPS(450)
      COMMON /PLANE/ NPP
C
C       1. INITIALIZATION
C
      LM(1)=II
      LM(2)=JJ
      LM(3)=KK
C
      RR(1)=RRR(II)
      RR(2)=RRR(JJ)
      RR(3)=RRR(KK)
      RR(4)=RRR(II)
      ZZ(1)=ZZZ(II)
      ZZ(2)=ZZZ(JJ)
      ZZ(3)=ZZZ(KK)
      ZZ(4)=ZZZ(II)
C
   85 DO 100 I=1,6
      DO 90 J=1,10
      F(I,J)=0.0
   90 H(I,J)=0.0
      DO 100 J=1,6
  100 S(I,J)=0.0
C
C       3. FORM INTEGRALS(I)*(C)*(S)
C
      CALL INTER(X1,RR,ZZ)
C
      C(2,1)=X1(1)*(C(1,2)+C(2,3))
      C(3,5)=X1(1)*C(4,4)
      C(5,5)=X1(1)*C(4,4)
      C(6,6)=X1(1)*C(2,2)
      IF (NPP) 104,106,104
  104 C(2,2)=X1(1)*C(1,1)
      C(3,3)=X1(1)*C(4,4)
      GO TO 108
  106 C(1,1)=X1(1)*C(3,3)
      C(1,2)=X1(2)*(C(1,3)+C(3,3))
      C(1,3)=X1(5)*C(3,3)
      C(1,5)=X1(2)*C(2,3)
      C(2,2)=X1(3)*(C(1,1)+2.0*C(1,3)+C(3,3))
      C(2,3)=X1(4)*C(1,3)+C(3,3))
      C(3,3)=X1(6)*C(3,3)+X1(1)*C(4,4)
      C(3,6)=X1(4)*C(2,3)
C
  108 DO 110 I=1,6
      DO 110 J=1,6
  110 S(I,J)=C(I,J)
C
C       4. FORM  COEFFICIENT-DISPLACEMENT TRANSFORMATION MATRIX
C
      COMM=RR(2)*(ZZ(3)-ZZ(1))+RR(1)*(ZZ(2)-ZZ(3))+RR(3)*(ZZ(1)-ZZ(2))
      CO(1)=X1(6)*ZZ(4)+RR(3)*ZZ(2))/COMM
      CO(1,2)=X1(6)*ZZ(1)+RR(1)*ZZ(3))/COMM
      CO(1,3)=X1(6)*ZZ(2)+RR(2)*ZZ(1))/COMM
      CO(2,1)=X1(2)*(ZZ(2)-ZZ(3))/COMM
      CO(2,2)=X1(2)*(ZZ(3)-ZZ(1))/COMM
      CO(2,3)=X1(2)*(ZZ(1)-ZZ(2))/COMM
      CO(3,1)=X1(4)*(RR(2)-RR(3))/COMM
      CO(3,2)=X1(4)*(RR(3)-RR(1))/COMM
      CO(3,3)=X1(4)*(RR(1)-RR(2))/COMM
C
      DO 120 I=1,3
      CO(4,I)=0.0
      CO(5,I)=0.0
      CO(6,I)=0.0
      CO(4,I+3)=CO(1,I)
      CO(5,I+3)=CO(2,I)
      CO(6,I+3)=CO(3,I)
  120 CO(4,I+6)=CO(1,I)
C
C       ROTATE DIRECTIONS IF REQUIRED
C
      DO 125 I=1,2
      IF(ANGLE(I)) 122,125,122
  122 SINA=SIN(ANGLE(I))
      COSA=COS(ANGLE(I))
      DO 124 J=1,6
      TEMP=CO(I,J)
      CO(I,J)=CO(I,J)*COSA+CO(I+3,J)*SINA
  124 CO(I+3,J)=-CO(I,J)*SINA+CO(I+3,J)*COSA
  125 CONTINUE
C
C       5. FORM ELEMENT STIFFNESS MATRIX (H)T*(D)*(H)
C
      DO 130 J=1,10
      DO 130 K=1,6
      IF (H(K,J)) 128,130,128
  128 DO 129 I=1,6
  129 F(I,J)=F(I,J)+S(I,K)*H(K,J)
  130 CONTINUE
C
      DO 140 I=1,10
      DO 140 K=1,6
      IF (H(K,I)) 138,140,138
  138 DO 139 J=1,10
  139 HH(K,J)=HH(K,J)+H(K,I)*F(I,J)
  140 CONTINUE
C
C       6. FORM THERMAL LOAD MATRIX
C
      IF(NPP) 150,150,145
  145 TT(3)=0.0
  150 COMM=RO(MTYPE)*ANGFQ**2
      TP(1)=COMM*X1(7) + X1(2)*TT(3)
      TP(2)=COMM*X1(9) + X1(1)*(TT(1)+TT(3))
      TP(3)=COMM*X1(10)+ X1(6)*TT(3)
      COMM=RO(MTYPE)*ACELZ
      TP(4)=COMM*X1(1)
      TP(5)=COMM*X1(7)
      TP(6)=COMM*X1(8) +X1(1)*TT(2)
C
      DO 160 I=1,10
      DO 160 K=1,6
  160 P(I)=P(I)+H(K,I)*TP(K)
C
C
C       FORM STRAIN TRANSFORMATION MATRIX
C
  400 DO 410 I=1,6
      DO 410 J=1,10
  410 HH(I,J)=HH(I,J)+H(I,J)
C
      RETURN
C
      END
      SUBROUTINE SYMINV(A,NMAX)
      DOUBLE PRECISION D,A
C
      DIMENSION A(N,N)
C
      DO 200 K=1,NMAX
C
      D=A(N,N)
      DO 100 J=1,NMAX
  100 A(N,J)=A(N,J)/D
C
      DO 150 I=1,NMAX
      IF(I-N) 110,150,110
  110 DO 140 K=1,NMAX
      IF(K-N) 120,140,120
  120 A(I,J)=A(I,J)-A(I,N)*A(N,J)
  140 CONTINUE
  150 A(I,N)=-A(I,N)/D
C
      A(N,N)=1.0/D
C
  200 CONTINUE
C
      RETURN
C
      END
      SUBROUTINE INTER(X1,RR,ZZ)
      DOUBLE PRECISION COMM,R,XM,XX,Z,RR,ZZ,X1
      REAL AX
C
*****************************
      DIMENSION RR(4),ZZ(4),X1(10),XM(6),R(6),Z(6),XX(6)
      COMMON /PLANE/ NPP
      DATA XX/3*1.0,3*3.0/
C
      COMM=RR(2)*(ZZ(3)-ZZ(1))+RR(1)*(ZZ(2)-ZZ(3))+RR(3)*(ZZ(1)-ZZ(2))
      COMM=COMM/2.0
      R(1)=RR(1)
      R(2)=RR(2)
      R(3)=RR(3)
      R(4)=(R(1)+R(2))/2.
      R(5)=(R(2)+R(3))/2.
      R(6)=(R(3)+R(1))/2.
C
      Z(1)=ZZ(1)
      Z(2)=ZZ(2)
      Z(3)=ZZ(3)
      Z(4)=(Z(1)+Z(2))/2.
      Z(5)=(Z(2)+Z(3))/2.
      Z(6)=(Z(3)+Z(1))/2.
C
      IF (NPP) 10,30,10
   10 DO 20 I=1,6
   20 XM(I)=XX(I)
      GO TO 40
   30 DO 35 I=1,6
   35 XM(I)=XX(I)*R(I)
C
   40 DO  50 I=1,10
   50 X1(I)=0.0
C
      DO 100 I=1,6
      X1(1)=X1(1)+XM(I)
      X1(2)=X1(2)+XM(I)*R(I)
      X1(4)=X1(4)+XM(I)*Z(I)
      X1(5)=X1(5)+XM(I)*R(I)**2
      X1(6)=X1(6)+XM(I)*R(I)*Z(I)
      IF (NPP.NE.0) GO TO 100
      X1(3)=X1(3)+XM(I)/R(I)
      X1(7)=X1(7)+XM(I)/R(I)**2
      X1(8)=X1(8)+XM(I)*Z(I)/R(I)
      X1(9)=X1(9)+XM(I)*Z(I)/R(I)**2
      X1(10)=X1(10)+XM(I)*Z(I)**2/R(I)**2
  100 CONTINUE
C
      DO 150 I=1,10
  150 X1(I)=X1(I)*COMM
C
      RETURN
C
      END
      SUBROUTINE MSOLF(A,B,NEQ,MBAND,N,U)
C
      DOUBLE PRECISION A,H
      DIMENSION A(164,82),B(164)
C
      DO 250 M=2,MBAND
      MM=M-1
      IF(K) 235,235,230
  230 A(K,M)=A(K,M)*H
      A(K,M)=0.0
```

```
  235 KEN=M-1
      IF(NEQ.EQ.N) 250,240,240
  240 B(K)=B(K)-A(N,M)*U
      A(N,M)=0.0
  250 CONTINUE
      A(N,1)=1.0
      B(N)=U
      RETURN
C
      END
      SUBROUTINE STRESS(IPLOT)
C
      DOUBLE PRECISION ZZ,C,Q,D,F,COMM,XPE,XKE,CC,CR,BB,ARG,COS2A
      DOUBLE PRECISION TP,XI,EE,EPS,CX,SIN2A,ANG,VOL
      DOUBLE PRECISION E,RO,AXNN,R,Z,UR,UZ,CODE,T,ANGLE,PR,A,B
      DOUBLE PRECISION ACELZ,ANGFQ,TEMP,Q,SIG,RRR,ZZZ,S,P,TT,DD,MM,HR
      REAL MEO,E,RO,AXNN,R,Z,UR,UZ,T,PR,ANGFQ,ACELZ,ANGLE,TEMP,Q
*****************************
      REAL CODE
*****************************
      DIMENSION REA(12)
      COMMON E(8,8,12),RO(12),AXNN(12),R(450),Z(450),UR(450),
     1 UZ(450),CODE(450),T(450),IBC(200),JBC(200),PR(200),ANGLE(4),
     2ACELZ,ANGFQ,TEMP,Q,MEO(20),NUMNP,NUMEL,NUMMAT,
     3 NUMPC,MTYPE,NP,SIG(10)
      COMMON /ARG/ RRR(5),ZZZ(5),S(10,10),P(10),TT(4),LM(4),DD(3,3),
     1 MM(6,10),RR(4),ZZ(4),C(4,4),H(6,10),D(6,6),F(6,10),TP(6),XI(10)
     2 ,EE(7),IX(450,5),EPS(450)
      COMMON /BANARG/ MBAND,NUMB_K,B(164),A(164,82)
      COMMON /PLANE/ NPP
C*****************************************************************
C     COMPUTE ELEMENT STRESSES
C*****************************************************************
      XKE=0.0
      XPE=0.0
      WPRINT=0
      IPLOT=IPLOT
      DO 300 M=1,NUMEL
C
      N=M
      IX(N,5)=IABS(IX(N,5))
      MTYPE=IX(N,4)
C
      CALL QUAD(N,VOL)
      IX(N,5)=MTYPE
C
      DO 120 I=1,4
      II=2*I
      JJ=2*IX(N,I)
      P(II-1)=RR(JJ-1)
  120 P(II)=RR(JJ)
C
      DO 150 I=1,2
      RR(I)=P(I+4)
      DO 150 K=1,8
  150 RR(I)=RR(I)-S(I,K)*P(K)
C
      COMM=S(9,9)*S(10,10)-S(9,10)*S(10,9)
      IF (COMM) 155,160,155
  155 P(9)=(S(10,10)*RR(1)-S(9,10)*RR(2))/COMM
      P(10)=(-S(10,9)*RR(1)+S(9,9)*RR(2))/COMM
C
  160 DO 170 I=1,6
      TP(I)=0.0
      DO 170 K=1,10
  170 TP(I)=TP(I)+H(I,K)*P(K)
C
C
      RR(1)=TP(2)
      RR(2)=TP(4)
      RR(3)=(TP(1)-TP(2)*RRR(5)+TP(3)*ZZZ(5))/MM(5)
      RR(4)=TP(5)+TP(6)
C
  170 DO 180 I=1,2
      SIG(I)=-TT(I)
      DO 180 K=1,3
  180 SIG(I)=SIG(I)-C(I,K)*RR(K)
      SIG(3)=-TT(3)
      IF (NPP) 181,182,182
  182 DO 183 K=1,3
  183 SIG(3)=SIG(3)-C(3,K)*RR(K)
      GO TO 185
  181 COMM=EE(1)/(1.+EE(2)*(EE(1)/EE(3)*(1.-EE(2)-2.*EE(4)*EE(1)/
     SIG(3)=SIG(3)+EE(2)*(1.+EE(2))*(RR(1)+RR(2))*COMM
  185 SIG(4)=C(4,4)*RR(4)
C
C     CALCULATE ENERGY TERMS
C
      DO 250 I=1,10
      COMM=0.0
      DO 200 K=1,10
  200 COMM=COMM+S(I,K)*P(K)
  250 XPE=XPE+COMM*P(I)
      XKE=XKE+VOL*RO(MTYPE)*(P(9)**2+P(10)**2)
C
C     CALCULATE EFFECTIVE STRAIN
C
      IF (NPP) 253,250,251
  253 RR(3)=0.
      GO TO 252
  251 RR(3)=-(SIG(1)+SIG(2))*EE(2)/EE(1)
  252 CC=(RR(1)+RR(2))/2.
      CR=SQRT((RR(2)-RR(1))/2.)**2+(RR(4)/2.)**2)
      RR(1)=CC+CR
      RR(2)=CC-CR
      EPS(M)=DSQRT((RR(1)-RR(2))**2+(RR(1)-RR(3))**2+(RR(2)-RR(3))**2)
     1 *.707/(1.+EE(2))
C
C*****************************************************************
C     OUTPUT STRESSES
C*****************************************************************
C
C     CALCULATE PRINCIPAL STRESSES
C
      CC=(SIG(1)+SIG(2))/2.
      BB=(SIG(1)-SIG(2))/2.
      CR=DSQRT(BB**2+SIG(4)**2)
      SIG(5)=CC+CR
      SIG(6)=CC-CR
      IF (BB.NE.0.) GO TO 100
      IF (SIG(4).LT.0.) GO TO 101
      SIG(7)=45.
      ARG=.7854
      GO TO 102
  101 SIG(7)=-45.
      ARG=-.7854
      GO TO 102
  100 ARG=DATAN2(SIG(4),BB)/2.
      SIG(7)=57.2958*ARG
  102 CONTINUE
C
C     STRESSES PARALLEL TO LINE I-J
C
      I=IX(N,1)
      J=IX(N,2)
      COS2A=Z(J)-Z(I)
      SIN2A=R(J)-R(I)
C           THE VARIABLES COS2A AND SIN2A ARE HERE USED JUST AS
C                 DOUBLE PRECISION ARGUMENTS OF DATAN2 ......................
      ANG=2.*DATAN2(COS2A,SIN2A)
      COS2A=DCOS(ANG)
      SIN2A=DSIN(ANG)
      CX=.5*(SIG(1)-SIG(2))
      SIG(8)=CX*COS2A+SIG(4)*SIN2A+CC
      SIG(9)=2.*CC-SIG(8)
      SIG(10)=-CX*SIN2A+SIG(4)*COS2A
C
  104 IF (WPRINT) 110,105,110
  105 WRITE (6,2000)
      WPRINT=50
  110 WPRINT=WPRINT-1
C
      REA(1)=RRR(5)
      REA(2)=ZZZ(5)
      DO 304 I=1,10
  304 REA(I+2)=SIG(I)
  305 WRITE (6,2001) N,REA
  300 CONTINUE
C
      IF (XKE) 310,320,310
  310 W=DSQRT(XPE/XKE)
      WRITE (6,2006) W
C
  320 RETURN
C
 2000 FORMAT (7H1EL.NO., 7X,1HR, 7X,1HZ,4X,8HR-STRESS,4X,8HZ-STRESS,4X
     1,8HT-STRESS,3X,9HRZ-STRESS,2X,10HMAX-STRESS,2X,10HMIN-STRESS
     2,37H  ANGLE IJ-STRESS JK-STRESS     SHEAR )
 2001 FORMAT (I7,2F8.2,1P6E12.4,0P1F7.2,1P3E10.2)
 2006 FORMAT (36H0APPROXIMATE FUNDAMENTAL FREQUENCY =,E12.5)
C
      END
      SUBROUTINE BANSOL
      DOUBLE PRECISION A,B,C,MED
      REAL MED
*****************************
      COMMON /BANARG/ MM    ,NUMBLK,B(164),A(164,82)
C
C
      NN=82
      NL=NN+1
      NMN=NN*NN
      REWIND 9
      REWIND 8
      NB=0
      GO TO 150
C*****************************************************************
C     REDUCE EQUATIONS BY BLOCKS
C*****************************************************************
C
C     1. SHIFT BLOCK OF EQUATIONS
C
  100 NB=NB+1
      DO 125 N=1,NN
      NMNN=N
      B(N)=B(NM)
      B(NM)=0.0
      DO 125 M=1,MM
      A(N,M)=A(NM,M)
  125 A(NM,M)=0.0
C
C     2. READ NEXT BLOCK OF EQUATIONS INTO CORE
C
      IF (NUMBLK-NB) 150,200,150
  150 READ (8) (B(N),(A(N,M),M=1,MM),N=NL,NM)
      IF (NB) 200,100,200
C
C     3. REDUCE BLOCK OF EQUATIONS
C
  200 DO 300 N=1,NN
      IF (A(N,1)) 225,300,225
  225 B(N)=B(N)/A(N,1)
      DO 275 L=2,MM
      IF (A(N,L)) 230,275,230
  230 C=A(N,L)/A(N,1)
      I=N+L-1
      K=0
      DO 250 K=L,MM
      J=J+1
  250 A(I,J)=A(I,J)-C*A(N,K)
      B(I)=B(I)+A(N,L)*B(N)
      A(N,L)=C
  275 CONTINUE
  300 CONTINUE
C
C     4. WRITE BLOCK OF REDUCED EQUATIONS ON TAPE 2
C
      IF (NUMBLK-NB) 375,400,375
  375 WRITE (8) (B(N),(A(N,M),M=2,MM),N=1,NN)
      GO TO 100
C*****************************************************************
C     BACK-SUBSTITUTION
C*****************************************************************
  400 DO 450 N=1,NN
      NPNN=1-N
      DO 425 M=2,MM
      L=N+M-1
  425 B(N)=B(N)-A(N,M)*B(L)
      NM=N+NN
      B(NM)=B(N)
  450 A(NM,NB)=B(N)
      NB=NB-1
      IF (NB) 475,500,475
  475 BACKSPACE 9
      READ (9) (B(N),(A(N,M),M=2,MM),N=1,NN)
      BACKSPACE 9
      GO TO 400
C*****************************************************************
C     ORDER UNKNOWNS IN B ARRAY
C*****************************************************************
  500 K=0
      DO 600 N=1,NUMBLK
      DO 600 M=1,NN
      NM=N+NN
      K=K+1
  600 B(K)=A(NM,NB)
C
      RETURN
      END
```

DO MUNDO TÉCNICO

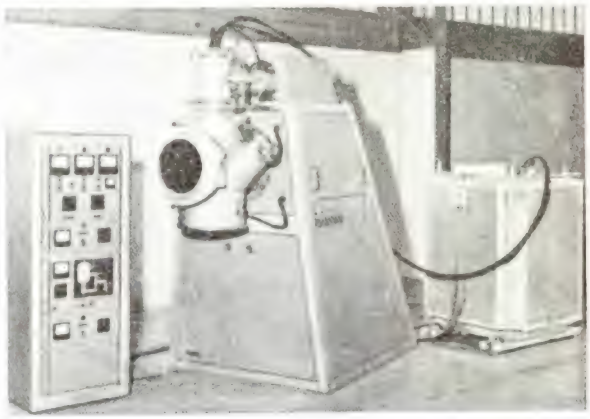
UM FORNO DE FUSÃO POR BOMBARDEAMENTO ELECTRÓNICO

A firma Alcaltel-Heurtey construíu sob contrato da D.G.R.S.T. (Delagation Génèrale à la Recherche Scientifique et Technique) um forno de fusão por bombardeamento electrónico, de 500 kW de potência. Este forno é um dos mais potentes actualmente em serviço; o seu fim essencial é o de promover o emprego do «bombardeamento electrónico» junto dos metalúrgicos.

O forno Alcatel-Heurtey foi previsto para:

— Tratamento no vazio de metais e ligas; a fusão no vazio permite eliminar gáses e impurezas voláteis de metais e ligas refractárias (tântalo, mióbio, hafnio, molibdénio). Permite o fabrico de lingotes de 2 m de comprimento cujo peso pode variar de 300 a 3500 kg.

— Moldação de ligas reactivas pelo processo de fusão em carapaça. Este processo é utilizado em peças de ligas de titânio destinadas à aeronáutica.



UM COMPUTADOR CALCULA PARTÍCULAS DE POLUIÇÃO

Segundo revela a revista sueca "Ny Teknik", no Instituto Tecnológico de Estocolmo foram adaptados os componentes normalizados de um contador de partículas para uso em computadores, de tal modo a permitir um cálculo rápido e exacto do número de partículas em suspensão na atmosfera poluída. Os responsáveis pelo projecto são o professor Claes Allander e o Eng.º Enno Abel.

Este contador que pode medir partículas cujas dimensões variem entre 0,3 e 10 mícrons, está a ser usado no Hospital de Danderyd, perto de Estocolmo, a fim de medir as variações diárias na distribuição de partículas do ar poluído nas enfermarias, nas salas de operações e nos laboratórios.

Os resultados servirão, em primeiro lugar, para calcular as dimensões do sistema de ventilação do hospital. O seu efeito na purificação do ambiente interno é pràticamente desconhecido. Espera-se também, que a nova técnica venha possibilitar a determinação da exacta correlação entre a densidade das partículas em suspensão na atmosfera (incluindo as partículas 5 mícrons que são, segundo se acredita, as principais portadoras de bactérias) e o risco de doenças.

REACTOR TÉRMICO PARA GASES DE ESCAPE

Foi apresentado nos Estados Unidos num colóquio sobre poluição atmosférica um veiculo de série equipado com um dispositivo que elimina em grande parte os elementos nocivos contidos nos gases de escape.

Denominado em inglês «thermal exhaust manifold reactor» pode ser montado sem grandes alterações num motor de automóvel em vez da clássica panela de escape. Trata-se de um reactor quimico cuja finalidade é reduzir as percentagens de monóxido de carbono, oxido de aço e hidrocarbonetos não queimados presentes nos gases de escape e principais responsáveis pela poluição atmosférica.

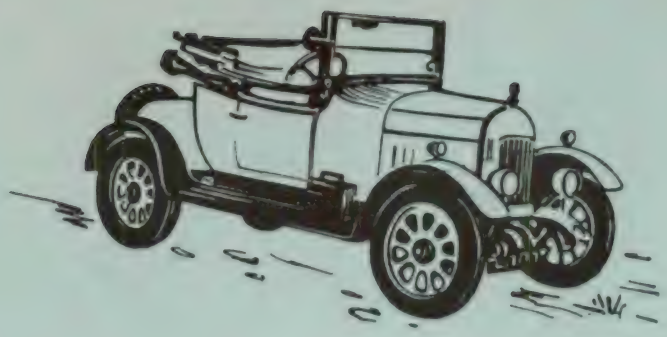
O reactor térmico de escape funcionou já durante mais de 160.000 Km em automóveis de série sem cuidados especiais de conservação e sem influência sensível sobre o consumo do motor.

Como o reactor não funciona como catalizador químico, não se requerem substituições periódicas de materiais.

Vários construtores de automóveis e companhias de petróleos procedem já aos seus próprios ensaios.

A empresa que se dedicou aos trabalhos de investigação sobre este sistema coloca a sua invenção à disposição da colectividade, sem vantagens financeira

(INF. — Du Pont de Nemours INT. S. A.)



OS VELHOS CALHAMBEQUES SÃO MAIS JOVENS DO QUE NÓS

Durante meio século respondemos sempre às exigências da Indústria Automóvel.

E quanto ela evoluiu...

Mais leves, de linhas mais funcionais, de maior potência, e cada vez com maior duração, são algumas das características actuais das nossas baterias...

mas sabe que ainda não estamos satisfeitos?

A SUA SATISFAÇÃO É O NOSSO OBJECTIVO MAIOR.

TUDOR

1920 — 1970

TUDOR 50 ANOS

LISBOA · TOMAR · C. BRANCO · PORTO · COIMBRA · VISEU · ÉVORA · BRAGA · SETÚBAL · AVEIRO · FARO

SERVICO
PHILIPS
PROTECTORA
preciosos auxiliares do técnico moderno
uma gama completa de sprays
Eficientes e económicos para serviço rápido
Os profissionais sabem que tempo é dinheiro. A gama Aerosol Philips inclui um limpa-contactos, verniz protector, fluido congelador, óleo penetrante e mais quatro úteis auxiliares para os técnicos que se prezam de servir bem, com rapidez e economia.
PHILIPS
Para informações mais detalhadas, envie-nos este cupão
Aos Serviços Técnicos da Philips Portuguesa, S. A. R. L.
Apartado 1331 - Lisboa 1
Desejo receber documentação sobre a gama
Aerosol Philips
Nome
Morada

VIDA ESCOLAR E ASSOCIATIVA

C. D. U. 541.486:547.25:547.07

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS COMPLEXOS ORGANO-METÁLICOS DOS METAIS DE TRANSIÇÃO E SUA APLICAÇÃO EM SÍNTESES ORGÂNICAS

por CARLOS NIETO DE CASTRO
MARIA JOSÉ CALHORDA
VIRGÍLIO MEIRA SOARES
Alunos do 4.º ano de Engenharia Quimico-Industrial do I.S.T.

RESUMO

Tentou-se dar, neste trabalho, um aspecto de certos complexos dos metais de transição e da sua aplicação em sínteses orgânicas. Para isso, fez-se uma breve introdução histórica, ao que se seguiu uma exposição de reacções características — substituição electrófila; acilação de Friedel-Grafts e outras — de derivados do ferroceno. Finalmente mencionou-se uma série de reacções nos ligandos do complexo mantendo a sua geometria inicial que se aplicaram em vários tipos de sínteses. Estudaram-se em particular as reacções com acetilenos dos complexos de Cr e de Job-Cassal

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros organometálicos foram preparados por Grignard, tendo suscitado um enorme interesse nesse domínio. As primeiras sínteses datam de cerca de 1900 e dão-se segundo a reacção

$$n\,RMgX + MX_n \longrightarrow R_nM + n\,MgX_2$$

sendo X um halogeneto, M um metal e R um radical orgânico.

Verificou-se que os halogenetos dos metais de transição conduziam a produtos anómalos.

$$2\,RMgX + MX_n \longrightarrow R_2 + MX_{n-2} + 2\,MgX_2$$

ou, em certos casos, a organometálicos instáveis que se decompunham antes de serem isolados.

Sand e Singer (1903) fizeram reagir cloreto de cromilo com brometo de fenilmagnésio, tendo obtido um organometálico que se hidrolisava imediatamente.

Bonnet e Turner obtiveram bifenilo ao pretender preparar «trifenilcrómio», tendo proposto a seguinte reacção

$$2\,CrCl_3 + 2\,C_6H_5MgBr \longrightarrow (C_6H_5)_2 + \\ + 2\,CrCl_2 + MgBr_2 + MgCl_2$$

a reacção foi repetida por Hein, quatro anos depois, a baixa temperatura, tendo sido obtido um organocrómico amorfo, higroscópico, castanho escuro, de fórmula bruta C_6H_5CrBr e que se isolava após hidrólise. Um tratamento posterior pelos álcalis conduziu a um sólido cristalino alaranjado — hidrato de hidroxipentafenilcrómio.

Hein propôs o seguinte mecanismo

$$5\,C_6H_5MgBr + 4\,CrCl_3 \longrightarrow (C_6H_5)_5CrBr + 2\,MgBr_2 + 3\,MgCl_2 + 3\,CrCl_2$$

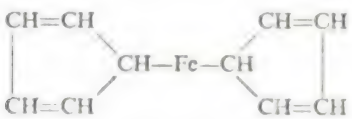
Anos mais tarde, Klemm e Neuber mediram os momentos magnéticos de vários derivados de polifenilcrómio e verificaram que todos eles eram da ordem de 1,7 manetões de Bohr (M. B.). Conclui-se, portanto, que o crómio não pode estar no estado de oxidação 6 como se poderia pensar da reacção anterior visto que lhe corresponderia uma configuração electrónica de gás inerte e portanto um momento magnético nulo. Além disso todos os compostos de crómio deste tipo apresentavam o mesmo espectro o que fazia supor que o crómio estivesse sempre no mesmo estado de oxidação.

Verificou-se também que o hidroxipentafenilcrómio reagia com o iodeto de potássio dando iodeto de tetrafenilcrómio e fenol segundo uma reacção que à primeira vista pareceria de oxi-redução o que é impossível, devido ao que foi dito anteriormente e ao facto de não se libertar iodo.

$$(C_6H_5)_5CrOH + KI \xrightarrow{H_2O} (C_6H_5)_4CrI + C_6H_5OH + KOH + H$$

O problema estava por resolver quando foi descoberta a estrutura do $(C_5H_5)_2Fe$ — ferroceno.

A primeira estrutura proposta foi



e, portanto, o composto deveria ser estável, ter carácter olefínico e momento magnético não nulo, porque o Fe^{2+} tem a configuração electrónica [Ar] $3d^6$ e portanto quatro electrões desemparelhados.

orbitais 3d

$$\mu = \sqrt{n(n+2)} = \sqrt{4.6} = 4{,}9 \text{ M.B.}$$

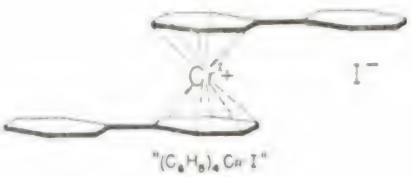
Na realidade, o composto é muito estável, não se hidrogenando fàcilmente; o momento magnético é nulo; apresenta reacções características de núcleos aromáticos; as ligações C–H são todas do mesmo tipo e com base nisto foi proposta uma estrutura em «sandwich».

Este composto é fàcilmente redutível ao catião bis-ciclopentadienilferro (III). Neste catião, o ferro está no estado de oxidação + 3 e, admitindo que se encontra no estado de hibridação $d^2\,sp^3$, deve ter um electrão desemparelhado e, portanto, o momento magnético de 1,7 M.B.

Esta estrutura electrónica é a mesma do Cr (I), o que contribuiu para esclarecer a estrutura dos compostos de crómio. Onsäger propôs então a formação de complexos π bis-aromáticos em que o crómio apresentava orbitais híbridas $d^2\,sp^3$, que receberiam os electrões π dos núcleos aromáticos.

R = C_6H_5
Y = I^-, $C_6H_5O^-$

A estrutura proposta foi a que a seguir se indica, obtendo-se no caso de R = C_6H_5 o catião tetrafenilcrómio (I), que em presença do iodeto de potássio dá origem ao iodeto de tetrafenilcrómio (I).



VIDA ESCOLAR E ASSOCIATIVA

C. D. U. 541.486:547.25:547.07

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS COMPLEXOS ORGANO-METÁLICOS DOS METAIS DE TRANSIÇÃO E SUA APLICAÇÃO EM SÍNTESES ORGÂNICAS

por CARLOS NIETO DE CASTRO
MARIA JOSÉ CALHORDA
VIRGÍLIO MEIRA SOARES
Alunos do 4.º ano de Engenharia Químico-Industrial do I.S.T.

RESUMO

Tentou-se dar, neste trabalho, um aspecto de certos complexos dos metais de transição e da sua aplicação em sínteses orgânicas. Para isso, fez-se uma breve introdução histórica, ao que se seguiu uma exposição de reacções características — substituição electrófila; acilação de Friedel-Grafts e outras — de derivados do ferroceno. Finalmente mencionou-se uma série de reacções nos ligandos do complexo mantendo a sua geometria inicial que se aplicaram em vários tipos de sínteses. Estudaram-se em particular as reacções com acetilenos dos complexos de Cr e de Job-Cassal

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros organometálicos foram preparados por Grignard, tendo suscitado um enorme interesse nesse domínio. As primeiras sínteses datam de cerca de 1900 e dão-se segundo a reacção

$$n\,RMgX + MX_n \longrightarrow R_nM + n\,MgX_2$$

sendo X um halogeneto, M um metal e R um radical orgânico.

Verificou-se que os halogenetos dos metais de transição conduziam a produtos anómalos.

$$2\,RMgX + MX_n \longrightarrow R_2 + MX_{n-2} + 2\,MgX_2$$

ou, em certos casos, a organometálicos instáveis que se decompunham antes de serem isolados.

Sand e Singer (1903) fizeram reagir cloreto de cromilo com brometo de fenilmagnésio, tendo obtido um organometálico que se hidrolisava imediatamente.

Bonnet e Turner obtiveram bifenilo ao pretender preparar «trifenilcrómio», tendo proposto a seguinte reacção

$$2\,CrCl_3 + 2\,C_6H_5MgBr \longrightarrow (C_6H_5)_2 + \\ + 2\,CrCl_2 + MgBr_2 + MgCl_2$$

a reacção foi repetida por Hein, quatro anos depois, a baixa temperatura, tendo sido obtido um organocrómico amorfo, higroscópico, castanho escuro, de fórmula bruta C_6H_5CrBr e que se isolava após hidrólise. Um tratamento posterior pelos álcalis conduziu a um sólido cristalino alaranjado — hidrato de hidroxipentafenilcrómio.

Hein propôs o seguinte mecanismo

$$5\,C_6H_5MgBr + 4\,CrCl_3 \longrightarrow (C_6H_5)_5CrBr + 2\,MgBr_2 + 3\,MgCl_2 + 3\,CrCl_2$$

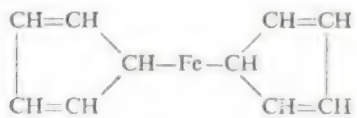
Anos mais tarde, Klemm e Neuber mediram os momentos magnéticos de vários derivados de polifenilcrómio e verificaram que todos eles eram da ordem de 1,7 manetões de Bohr (M. B.). Conclui-se, portanto, que o crómio não pode estar no estado de oxidação 6 como se poderia pensar da reacção anterior visto que lhe corresponderia uma configuração electrónica de gás inerte e portanto um momento magnético nulo. Além disso todos os compostos de crómio deste tipo apresentavam o mesmo espectro o que fazia supor que o crómio estivesse sempre no mesmo estado de oxidação.

Verificou-se também que o hidroxipentafenilcrómio reagia com o iodeto de potássio dando iodeto de tetrafenilcrómio e fenol segundo uma reacção que à primeira vista pareceria de oxi-redução o que é impossível, devido ao que foi dito anteriormente e ao facto de não se libertar iodo.

$$(C_6H_5)_5CrOH + KI \xrightarrow{H_2O} (C_6H_5)_4CrI + C_6H_5OH + KOH + H$$

O problema estava por resolver quando foi descoberta a estrutura do $(C_5H_5)_2Fe$ — ferroceno.

A primeira estrutura proposta foi



e, portanto, o composto deveria ser estável, ter carácter olefínico e momento magnético não nulo, porque o Fe^{2+} tem a configuração electrónica [Ar] $3d^6$ e portanto quatro electrões desemparelhados.

orbitais 3d

$$\mu = \sqrt{n\,(n+2)} = \sqrt{4.6} = 4{,}9\ \text{M.B.}$$

Na realidade, o composto é muito estável, não se hidrogenando fàcilmente; o momento magnético é nulo; apresenta reacções características de núcleos aromáticos; as ligações C–H são todas do mesmo tipo e com base nisto foi proposta uma estrutura em «sandwich».

Este composto é fàcilmente redutível ao catião bis-ciclopentadienilferro (III). Neste catião, o ferro está no estado de oxidação + 3 e, admitindo que se encontra no estado de hibridação $d^2\,sp^3$, deve ter um electrão desemparelhado e, portanto, o momento magnético de 1,7 M.B.

Esta estrutura electrónica é a mesma do Cr (I), o que contribuiu para esclarecer a estrutura dos compostos de crómio. Onsäger propôs então a formação de complexos π bis-aromáticos em que o crómio apresentava orbitais híbridas $d^2\,sp^3$, que receberiam os electrões π dos núcleos aromáticos.

$R = C_6H_5$

$Y = I^-,\ C_6H_5O^-$

A estrutura proposta foi a que a seguir se indica, obtendo-se no caso de $R = C_6H_5$ o catião tetrafenilcrómio (I), que em presença do iodeto de potássio dá origem ao iodeto de tetrafenilcrómio (I).

"$(C_6H_5)_4Cr\cdot I$"

2 — SUBSTITUIÇÃO ELECTROFÍLICA

De todos os compostos observados, só o ferroceno, o diciclopentadienilruténio, o diciclopentadienilósmio e o ciclopentadieniltricarbonilmanganésio mostraram possibilidades de favorecer (catalisar) reacções de substituição electrofílica (e por radicais livres), embora todos os outros derivados bis-π-ciclopentadienil possam ser considerados como aromáticos.

A razão pela qual estes compostos não favorecem as ditas reacções é que eles não podem ser substituídos directa e ràpidamente devido à sua instabilidade ou à sua elevada carga nuclear.

Certas reacções de Friedel-Crafts, como a alquilação, a acilação e a sulfonação, deram resultado em presença de ciclopentadienil tricarbonilmanganês, e o ferroceno além de favorecer estas reacções, catalisa a metalação, a arilação, a formilação de Vilsmeier e várias condensações de aldeídos.

Tanto a halogenação como a nitração, são evitadas em ambos os casos por oxidação que, no caso do ferroceno, dá origem ao ião ferricínio $[(C_5H_5)_2Fe]^+$, electrofìlicamente inerte e, no do complexo de Mn, conduz à sua total destruição.

A oxidação do ferroceno é facilitada por grupos substituintes dadores de electrões e evitada pela partilha electrónica com os substituintes. Assim, o nitroferroceno é estável em presença de ácido, apesar de o nitrobenzeno oxidar o ferroceno nas mesmas condições.

Outra consequência é que os aciloferrocenos, especialmente o mono e diacetil derivados, podem ser oxidados aos ácidos correspondentes sem grande oxidação a sais de ferricínio devido à partilha electrónica com os grupos acilo (efeito indutor-I).

3 — ACILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS

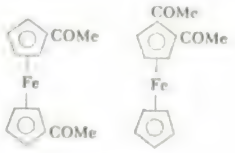
Não nos demoraremos nos mecanismos pròpriamente ditos, porque já são assaz conhecidos.

Provou-se experimentalmente a existência de uma ordem de reactividades:

ferroceno >> anisol > tricarbonilmetilciclopentadienil Mn > tricarbonilciclopentadienil Mn > benzeno.

A grande reactividade do ferroceno é um facto a assinalar. Ela é tal que em condições redutoras, como por exemplo em presença de ácido fosfórico, o anidrido acético ataca o ferroceno, produzindo a respectiva acilação. O efeito desactivante do primeiro substituinte é suficientemente efectivo, não só no anel substituido como no não substituído, a ponto de evitar a disubstituição nestas condições experimentais.

Contudo, em presença de $AlCl_3$, o ferroceno pode formar um complexo não reactivo e a porção não complexada ficará duplamente substituida. Esta diacilação dá o isómetro 11', como seria de esperar do efeito desactivante do primeiro grupo acilo no anel a que este se liga (I). Aparece também uma pequena quantidade do isómero 1,2 diacetilo (II), que foi isolado em conjunto com o isómero simétrico (I).; o facto



I II

Nota: As Representações de (I) e (II) são necessàriamente esquemáticas.

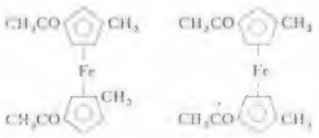
Me = CH_3

de não se obter o isómero 1,3 não pode ser considerado como conclusivo, apenas sugerindo que a posição β é bastante mais desactivada do que a α. Muitos outros derivados alquilo e arilo foram acetilados e as razões dos isómeros 1,2 e 1,3 para o 1,1'-diimetil, 1,1'-di-isopropil e 1,1' difenil ferrocenos encontradas foram de 1:2, 3; 1:4,3 e 1:1 respectivamente. Isto leva à conclusão, como corolário, de que a posição β é agora a mais fortemente activada das duas. Poder-se-á concluir, portanto, que um grupo desactivante desactiva muito mais a posição β, enquanto que um grupo activante a activa muito mais. Estas conclusões devem, no entanto, ser sujeitas a um exaustivo trabalho experimental, que até à data não foi feito.

No entanto, há que ter em conta os efeitos estereoquímicos dos substituintes que podem ser totalmente responsáveis pela acilação verificada.

A acilação do tricarbonilmetilciclopentadienilmanganês conduziu também aos isómeros esperados. A diacetilação dos metilferrocenos foi estudada e mostrou-se que dava a mistura espe-

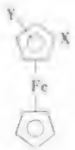
rada, existindo nas duas formas geométricas cada um dos isómeros posicionais (III e IV).



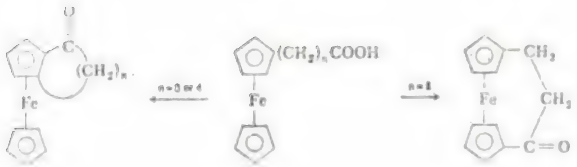
III IV

Não foi possível separá-los e identificá-los, mas em princípio pode-se distingui-los, devido a (IV) ser òpticamente activo, enquanto (III) é uma forma meso. Como se sabe, o poder rotatório de uma determinada solução depende da concentração das espécies òpticamente activas presentes, através duma relação linear. Mesmo que não se conheça a constante de proporcionalidade (poder rotatório específico da espécie), esta pode ser determinada através da medida dos desvios para soluções de concentrações diferentes, na espécie òpticamente activa.

A actividade óptica surge em ferrocenos disubstituidos homoanularmente, do tipo (V), desde que X e Y difiram e foi demonstrada no caso da cetona cíclica (VI), com n = 3. Esta e a homóloga (n = 4) podem ser obtidas pela ciclização catalisada dos ácidos correspondentes, catálise esta devida ao ácido polisfosfórico ou ao trifluoroacético. Para n = 2 a ciclização é heteroanular.



V



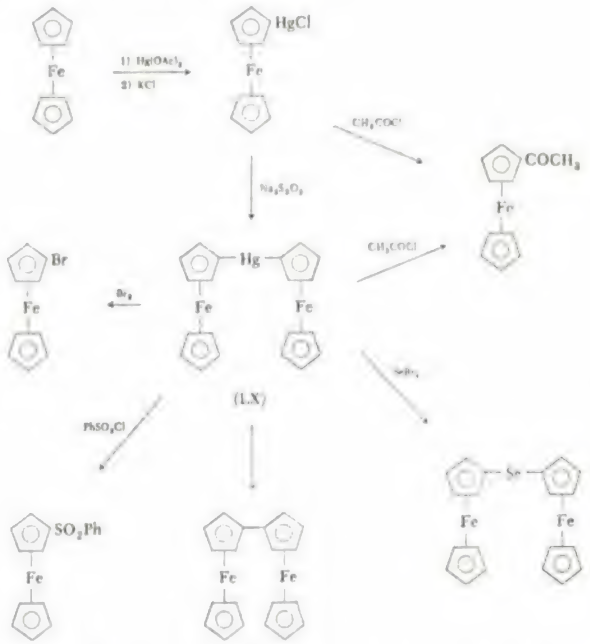
VI VII

4. SULFONAÇÃO, MERCURAÇÃO E ARILAÇÃO

Compostos como o tricarbonilciclopentadienilmanganês, o ferroceno e o ácido ferrocenocarboxílico foram sulfonados com rendimento elevado Obtêm-se produtos mono e di — substituidos.

Foram sintetisados cloretos de sulfonilo a partir dos derivados de Mn e Fe. Nas primeiras séries serve como fonte dos correspondentes ácidos sulfínicos e séries de sulfonas, enquanto que os cloretos de sulfonilferroceno foram reduzidos a ácidos sulfínicos e mercaptans.

Tal como outras substituições a mercuração procede com o ferroceno em condições bastante extremas para o benzeno. Aparecem derivados mono e di — substituídos mas de fácil separação devido às diferenças de solubilidades dos dois cloretos de mercúrio. Resultados semelhantes foram obtidos para o ruténio.

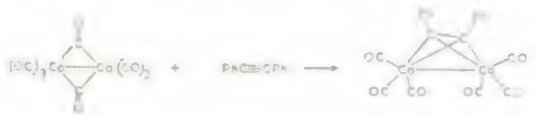


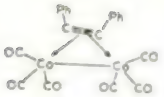
A arilação consegue-se com sais de diazónio para uma grande gama de condições. Algumas delas são semelhantes à arilação por radicais livres nas séries benzénicas.

5. REACÇÕES COM ACETILENOS

Em certas condições, os acetilenos podem coordenar-se ao elemento central, substituindo ligandos aí existentes.

No caso do octocarbonildicobalto os acetilenos (mono, di ou não substituídos) podem substituir determinados grupos CO.

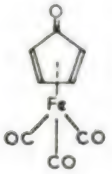




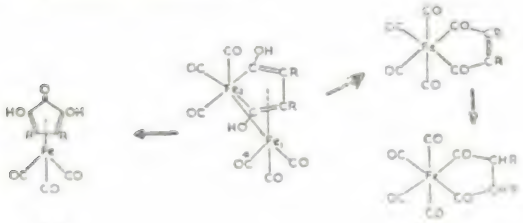
Há dois tipos de estruturas propostos para o complexo resultante. Em (I), o difenilacetileno coordena-se aos dois cobaltos por ligações π, fazendo ângulos de 90° entre si, aproximadamente; em (II), hà duas ligações σ. O acetileno ao coordenar-se aos elementos centrais sofre modificações na sua estrutura, aumentando a ligação C-C de 1,20 para 1,38 A e fazendo com a ligação C-$\emptyset$ um ângulo de 140°.

Podem obter-se diversos tipos de complexos que permitem sínteses orgânicas, a partir de acetilenos e complexos de ferro com carbonilos, fazendo variar as condições da reacção.

Em solução alcoólica pode obter-se um composto de fórmula $C_{11}\ H_7\ 0_5\ Fe$ de estrutura desconhecida que se decompõe por hidrólise, dando hidroquinona e ciclopentadienonatricarbonilferro.



Em soluções alcalinas contendo iões do tipo $[Fe_2(CO)_8]^{+-}$, obtém-se um complexo diférrico, $C_{10}\ H_4\ O_8\ Fe_2$. A sua estrutura foi determinada pelos raios-X. O átomo de carbono marcado no esquema seguinte está parcialmente ligado a outro átomo de ferro, estando o carbonilo um pouco torcido. As distâncias entre esse átomo de carbono, os dois de ferro e o oxigénio mais próximo são respectivamente: $Fe_1 - C' = 1{,}737$ Å; $Fe_2 - C' = 2{,}484$ Å; $C' - O = 1{,}171$ Å. O ângulo entre as ligações $Fe_1 - C'$ e $C' - O$ é de 168° aproximadamente.

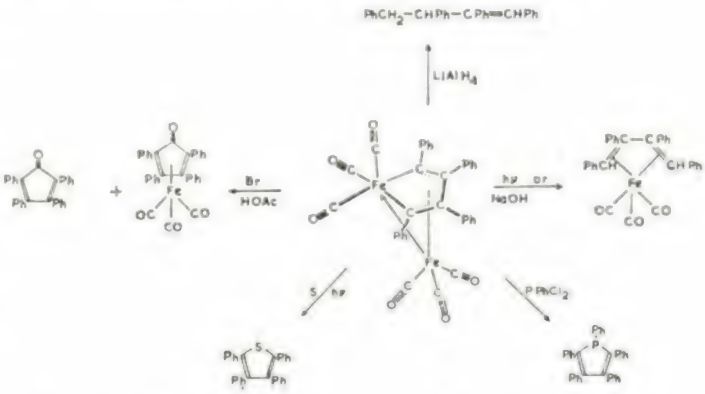


II III

Este complexo por oxidação suave pode conduzir a (I) ou (II), conforme a natureza dos grupos R que podem substituir os hidrogénios acetilénios. O complexo (I) por redução com zinco em presença de ácido acético conduz a (III).

No caso em que se parte do difenilacetileno, obtém-se o complexo seguinte, que na presença dos diversos reagentes se decompõe, dando origem aos compostos a seguir indicados.

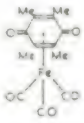
Na trimerização de acetilenos assimètricamente



disubstituídos, obtém-se um complexo intermediário, efectuando a reacção em presença de um complexo de Fe e carbonilos.

Para terminar este tipo de reacções, vamos considerar as sínteses de Reppe.

Por irradiação do pentacarbonilferro com butino-2, Reppe obteve o duroquinonatricarbonilferro. Este complexo decompõe-se ao ar, dando origem à duroquinona. Contudo, se imediatamente após a sua preparação for submetido a hidrólise ácida, obtém-se o durohidroquinona



6. REACÇÕES DE ACETILENO COM CRÓMIO

Temos estado a ver até aqui as reacções dos acetilenos no caso geral. Vamos agora particularizar para o caso em que o elemento central é o crómio.

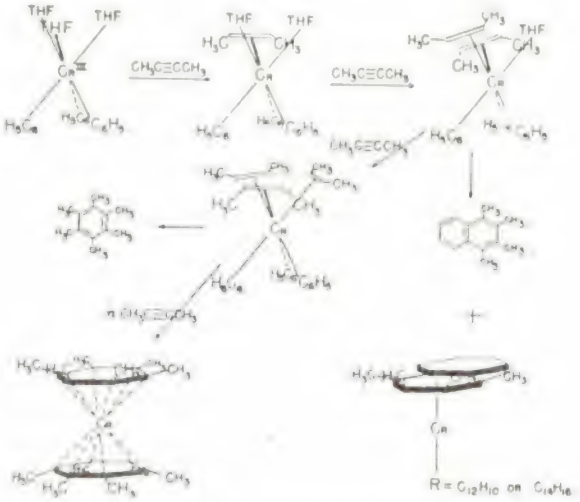
O trifenilcrómio dá reacções com os acetilenos presumìvelmente através de uma mudança dos seus ligandos coordenados, moléculas de solvente, normalmente tetrahidrofurano (THF), com os electrões π do acetileno. O complexo não se pode isolar, condensando-se imediatamente em sistemas aromáticos e complexos bis aromáticos de crómio.

Vejamos então como aplicar esta propriedade a sínteses de compostos orgânicos. O trifenilcrómio em THF decompõe-se ràpidamente pelo hidrogénio ácido do acetileno ou de um acetileno monosubstituído, podendo este polimerizar-se. O butino-2, ao adicionar-se ao trifenilcrómio numa solução de THF, produz em poucos minutos uma mistura de hexametilbenzeno e 1, 2, 3, 4-tetrametilnaftaleno. O facto mais relevante desta reacção é a relação que há entre as quantidades relativas de butino-2 e o complexo de crómio (III) com os produtos da reacção. Assim, verifica-se que o produto primário é o 1, 2, 3, 4-tetrametilnaftaleno e o seu complexo π. Só quando as quantidades de butino-2 excedem quatro moles é que o hexametilbenzeno aparece em quantidades apreciáveis. Estas afirmações foram todas provadas experimentalmente por H. Zeiss e M. Tsutsui.

Estes autores propuseram um mecanismo que explica, ou melhor, tenta explicar, os resultados experimentais. A dependência da quantidade de produto da razão estequiométrica dos reagentes é então explicada por uma substituição, por passos, dos ligandos THF pelas moléculas de butino-2, com a participação dos grupos fenilo ligados ao crómio.

Um outro facto experimental é a formação do 1, 2, 3, 4-tetrametilnaftaleno se verificar sempre, qualquer que seja a quantidade de butino-2 usada; este facto suporta, mas não prova, a existência de um intermédiário altamente reactivo. Propunham aqueles autores que o crómio fosse responsável pela captura de um hidrogénio orto-substituído do grupo fenil, o que facilitaria a formação de uma estrutura polinuclear segundo o esquema que vamos descrever: formação de um intermediário benzino, formado no próprio complexo, enquanto o hidrogénio sai do grupo fenil, seguida por uma reacção de Diels-Alder interna entre o benzino e o tetrametilciclobutadieno. Quando o butino-2 está presente em quantidades suficientes, o complexo do tetrametilciclobutadieno pode perder a sua última molécula de THF em favor de uma terceira molécula de butino-2 para produzir o hexametilbenzeno. A saturação do sistema reaccional com o butino-2 pode dar origem ao complexo bis-aromático, embora em pequenas quantidades.

Tudo o que se disse se pode resumir esquemàticamente:



A condensação do butino-2 com trietilcrómio em THF dá hexametilbenzeno numa quantidade maior que a obtida com o trifenilcrómio, sendo o hexametilbenzeno o único produto isolável quando se usa como agente ciclizante um triarilcrómio com as posições orto ocupadas.

Embora o mecanismo proposto por Zeiss e Tsutsui nos pareça bastante artificioso, as conclusões citadas para o caso de trietilcrómio e do arilcrómio com as posições orto ocupadas vêm reforçar a afirmação de que o crómio é responsável pela captura de um hidrogénio, aparecendo como intermediário no trietilcrómio um etileno que dará uma reacção de Diels-Alder com o tetrametilciclobutadieno e não se dando nenhuma reacção de ciclização em que apareça o triarilcrómio com as posições orto substituídas, porque não há hidrogénios nessas posições, o que não permite o aparecimento do intermediário.

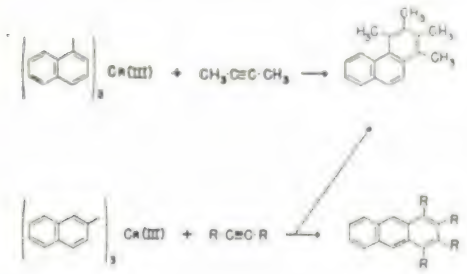
Pode então concluir-se, depois do que foi dito, que o crómio, em compostos organocrómicos, é um poderoso captor de hidrogénio, o que é confirmado por várias sínteses que só se podem efectuar com este metal de transição.

Assim, o trietilcrómio não só cicliza o difenil acetileno a hexafenilbenzeno, como contribui com um grupo etilo numa condensação com o aceti-

leno para dar 1,2,3,4 — tetrafenilbenzeno. Neste caso, o crómio não só capta um hidrogénio ao grupo metilo do seu substituinte etilo (complexo etileno-metal) como desidrogena o anel, ficando o produto aromático. Do mesmo modo, o trimetilcrómio contribui com um grupo metilo para uma condensação cíclica com duas moléculas de difenilacetileno para dar 1,2,3,4, — tetrafenilciclopentadieno.

Esta propriedade formidável do crómio não está completamente estudada, mas a verdade é que até agora a propriedade só foi verificada para este metal de transição e os últimos estudos feitos datam de 1961 e são os transcritos neste artigo.

Outras sínteses foram feitas no sentido de esclarecer algo mais mas as conclusões foram exactamente as mesmas que as que existiam. Podemos citar duas sínteses dessas que não levaram a nenhuma conclusão:



Uma das características destas reacções é que estas são originadas por interacção entre os ligandos do metal, neste caso particular, entre as moléculas do acetileno e as dos grupos arilo. Usando trimesitilcrómio, a reacção de condensação cíclica do acetileno, para dar o hexametilbenzeno é acompanhada pela adição de um grupo mesitilo ao butino-2 para formar o 2-mesitilbuteno-2. Um segundo exemplo de reacções deste tipo envolve a adição de dois grupos arilo a uma ligação acetilénica. O dicarboxilato de dimetilacetileno e o trifenilcrómio interactuam exotèrmicamente em THF para dar origem ao cis — dimetildifenilmaleato. A geometria cis do produto indíca-nos uma forte ligação do sistema de electrões deste acetileno ao crómio, simultânea à adição estereoespecífica dos grupos arilo. Neste caso não se observa condensação cíclica do acetileno.

O mecanismo destas adições não é ainda claro. O simples facto de elas ocorrerem sustenta uma substituição do THF por passos. Contudo, a adição de um ou dois grupos arilo à ligação acetilénica tem uma analogia importante que é a reacção de Job-Cassal.

Posto isto passemos à análise crítica do mecanismo proposto por ZEISS e TSUTSUI.

Propunham eles, como dissemos, uma substituição por passos das moléculas de THF por moléculas de acetileno. Segundo os dados experimentais conhecidos, esta primeira parte da proposta é admissível, uma vez que as moléculas de THF são fàcilmente substituíveis.

A formação dum complexo intermediário de tetrametilciclobutadieno já se torna um pouco duvidosa, na medida em que exige uma reacção de «4 centros», dentro da geometria do complexo, o que nos parece muito pouco provável.

Dentro daquela linha de pensamento era proposta uma reacção de Diels-Alder entre o tetrametilciclobutadieno e um intermediário benzino, formado pela captura de um hidrogénio pelo crómio; ora, não nos parece que uma reacção desse tipo fosse pròpriamente chamada uma reacção de Diels-Alder, embora se pudesse apelidar de «tipo Diels-Alder». Por outro lado, não admitindo a hipótese de formação do tetrametilciclobutadieno, poder-se-ia chegar à mesma conclusão supondo uma reacção em que se formaria simultâneamente uma ligação C — C entre duas moléculas de acetileno e duas ligações C — C entre as moléculas de acetileno e o intermediário benzino, cuja existência admitimos perfeitamente, como resultante da interpretação dos resultados experimentais já atrás citados.

Há ainda a acrescentar o facto daqueles autores não tentarem interpretar o facto do crómio ser um poderoso captor de hidrogénios. Não nos tendo sido possível realizar qualquer trabalho experimental, não nos podemos pronunciar àcerca dessa potencialidade, mas supomos que qualquer estudo feito nesse sentido deve partir duma procura da influência que os ligandos possam ter sobre o metal, em vez de efectuar sínteses sucessivas de diversos produtos, à procura de qualquer conclusão. Aliás deve estar aí o «segredo» desta carecterística do crómio, uma vez que ela só se verifica em compostos organocrómicos.

No sentido de tentar esclarecer a questão, e na medida em que somos iniciados em investigação,

já contactámos com alguém que nos facultasse os meios de efectuar o estudo atrás referido, estudo esse que contamos iniciar brevemente.

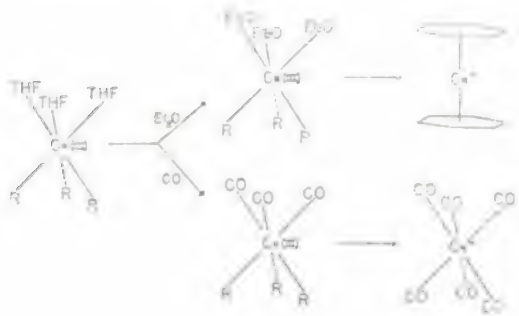
7. REACÇÃO DE JOB-CASSAL

Em 1926, algum tempo depois de Hein ter comunicado a preparação do derivado organocrómico, Job e Cassal prepararam o hexacarbonilcrómio (O), $(CO)_6$ Cr (O) por passagem de uma corrente de CO numa mistura reactiva de Cl_3Cr, Br Mg C_6H_5 em éter dietílico, seguida de hidrólise da solução obtida. Juntamente com o composto de estado de oxidação O do crómio, formaram-se muitos outros produtos, tais como: benzaldeído, benzofenona, fenilo, benzilo, bifenilo, álcool trifenilvinílico, trifenilcarbinol, etc.

Existem duas coisas que é preciso explicar: a passagem de Cr (III) a Cr (O) e as sínteses dos organocarbonilos, por interacção do CO com o grupo C_6H_5 (ϕ) do reagente de Grignard.

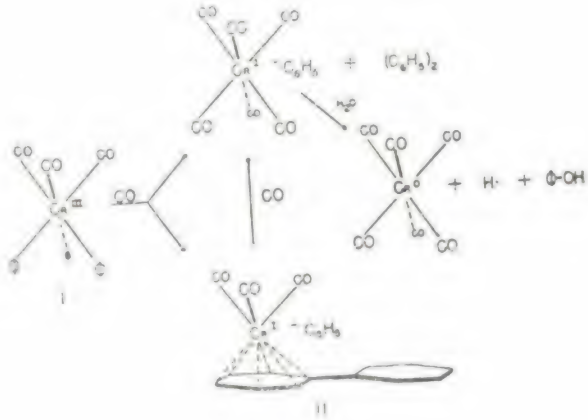
Embora este último reagente produzisse compostos organocrómicos de estrutura incerta, não se vislumbrava relação aparente entre os produtos da reacção de Job-Cassal e os compostos de Hein.

Através do comportamento do ϕ_3 Cr em presença de acetileno, foi possível esclarecer isto. A instabilidade do tritetrahidrofuranato de trifenilcrómio em éter atribui-se à fraca coordenação do éter no composto de crómio, dando origem a um complexo bis-π-areno.



A reacção do cloreto de crómio e do brometo de fenilmagnésio deve dar a mesma forma instável do trifenilcrómio. Contudo, se este intermediário não for perturbado, rearranja-se em complexos π intermediários.

Se houver CO no momento da síntese do eterato de trifenilcrómio, o intermediário pode sofrer uma troca dos seus ligados de éter por CO, do mesmo modo que se considera que as moléculas de acetileno trocam com as de THF na condensação cíclica do crómio. O carácter polar da ligação C-O obriga a uma coordenação linear da molécula ao crómio, em vez de haver uma coordenação transversal como no acetileno. Então, o primeiro passo na reacção de Job-Cassal envolve a substituição das moléculas de éter dietílico, fracamente coordenadas por CO e formação do intermediário (I).

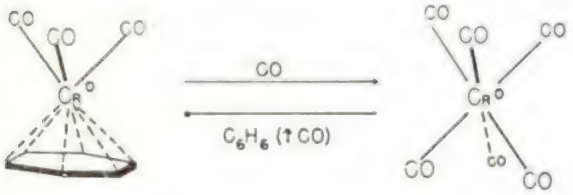

CO
CO
CO
CO

Outros estudos verificaram a dependência do rendimento da reacção e do equilíbrio reaccional com a concentração de CO, baseados em variações de pressão.

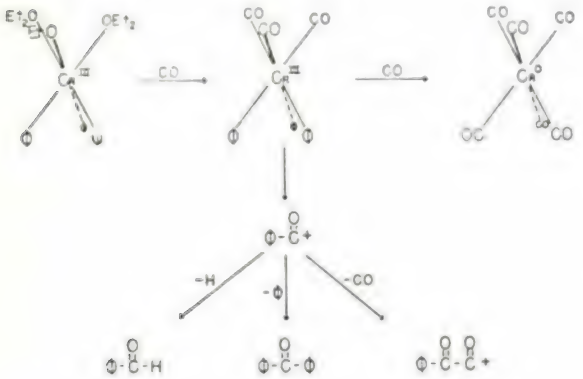
O tricarbonilbenzenocrómio (O) pode-se converter reversìvelmente em hexacarbonilcrómio (O), usando CO em excesso, e em sentido contrário, deixando este gás escapar-se de um sistema contendo benzeno.

O hexacarbonilcrómio (O) é o produto que se obtém em menor quantidade (14 %) na reacção de Job-Cassal.

Os produtos obtidos em maior quantidade foram os produtos orgânicos.



Uma explicação da sua síntese reside num arranjo de oxi-redução parecido com o proposto para a formação do bifenilo, como exemplificado no esquema anterior, na passagem de (I) para (II). Uma interacção análoga entre um fenilo e um carbonilo dentro do mesmo intermediário (I) produz o reactivo ião benzilónio, cujas reacções com o solvente dão os produtos obtidos.



O benzaldeído presente na mistura resulta da supressão de um protão do solvente. A reacção deste catião com grupos fenilo ou carbonilo próximos do complexo leva à síntese da benzofenona ou do ião fenilglioximio. Os outros produtos devem-se à acção do sistema de Grignard sobre estes três.

A reacção de Job-Cassal é, assim, aparentemente, um outro exemplo da capacidade dos reagentes orgânicos para originarem reacções internas nos domínios geométricos dos complexos organometálicos dos metais de transição.

O mecanismo proposto parece-nos bastante aceitável, embora o rearranjo no trifenilcrómio possa suscitar uma certa controvérsia, devido ao aparecimento de um «bi-radical» e de um «mono-radical».

A reacção de Job-Cassal, juntamente com o processo inverso da reacção de carbonilos de metais com sistemas orgânicos π, tais como os acetilenos, nitrilos, dienos e grupos aromáticos, abre um novo campo de potencialidades desconhecidas à síntese orgânica.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi realizado para um Seminário de Química Orgânica, no ano lectivo transacto, para os alunos da cadeira Química Orgânica Industrial.

Agradecemos ao Prof. Eng.º B. Herold o apoio prestado durante a realização do trabalho, sem o qual ele não teria sido possível.

BIBLIOGRAFIA

G. E. COATES, M. L. H. GREEN, K. WADE — Organometallic Compounds, Vol. II — The Transition Elements Ed. Methuen & Co. — LONDON (1968).

H. ZEISS — Organometallic Chemistry, ed. Reinhold Publishing Corporation, N. Y. (1960).

G. E. COATES — Organometallic Compounds, ed. Methuen & Co. — LONDON (1960).

NOTICIÁRIO

Conferências do Institut Technique du Bâtiment et des Travaus Publics

O Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics tem estado a promover um ciclo de conferências interessando à Engenharia Civil. Algumas das conferências próximas serão as seguintes:

9 de Fevereiro de 1971 às 17 h 30:

PONTS A OSSATURE MIXTE ACIER-BÉTON

por F. Ciolina, Engenheiro de Pontes e Calçadas na Divisão de Obras de Arte da S. E. T. R. A.

23 de Fevereiro de 1971 às 17 h 30:

LES ÉTUDES ET LE CONTROLE DES OUVRAGES D'ART AU MOYEN D'UN MINI-ORDINATEUR

por Thenoz, Engenheiro de Pontes e Calçadas na Divisão de Obras de Arte do S. E. T. R. A.

2 de Março de 1971 às 17 h 30:

LE TASSEMENT DES FONDATIONS ET LES TECHNIQUES PRESSIOMÉTRIQUES. BILAN APRÈS DIX ANS DE RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

por Louis Ménard, Engenheiro Civil E. N. P. C.

23 de Março, ainda às 17 h 30, será a vez do Prof. Eng.º Manuel Rocha falar sobre

NOVAS TÉCNICAS NO ESTUDO DOS MASSIÇOS ROCHOSOS.

Todas estas conferências terão lugar em Paris, Rue la Pérouse, 7.

Para informações mais detalhadas:

INSTITUT TECHNIQUE DU BÂTIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS
9, RUE LA PÉROUSE
PARIS - 16.º

Feiras e Exposições na Grã-Bretanha em 1971

Indicamos a seguir algumas das Feiras e Exposições, que terão lugar em Inglaterra, no corrente ano:

Construção:
Exposição Internacional de Construção, Olympia, Londres, 17-27 Novembro.

Engenharia:
24.ª Exposição de Engenharia, Londres, 9-11 Novembro.

Controlo de Poluição:
ENPOCON — Exposição sobre o controlo de poluição do meio ambiente.
Earts Court, Londres.
30 de Março — 2 de Abril.

Exposição sobre saúde e meio ambiente.
Eastbourne, 5-7 Outubro.

Memórias do primeiro congresso internacional sobre Betão Leve

As memórias completas do primeiro Congresso Internacional sobre Betão Leve, realizado pela Sociedade do Betão em Londres, em Maio de 1968, acabam de ser publicadas. Mais de 600 delegados de 30 países assistiram ao Congresso, no qual se tratou de estudos sobre betão de agregados leves, assim como sobre betão armado.

As memórias estão publicadas em dois tomos. O tomo I (ref. n.º 23002) contém as 21 dissertações principais apresentadas por especialistas da Áustria, Austrália, Checoslováquia, Alemanha, Suécia, E. U. A. e da U. R. S. S. O tomo II (ref. n.º 23006) contém artigos de quase todos os 90 delegados, alguns comentando sobre as dissertações e outros apresentando dados e experiências relacionados com outros aspectos do betão leve.

Publications Orders, Cement and Concrete Association, Wexhan Springs, Slough SL3 6PL, Inglaterra.

Interbrau 71

Realiza-se de 13 a 18 de Setembro, no recinto das feiras de Munique, a Interbrau 71, onde serão apresentados os novos aspectos da técnica frigorífica aplicada à refrigeração da cerveja. Os pedidos de informação devem ser dirigidos a:

Câmara de Comércio e Indústria Luso-Alemã
Av. Elias Garcia, 123-4.º
Lisboa 1 Telefones: 772587/778168

as sondas de prospecção Atlas Copco garantem-lhe elevada percentagem de amostragem e furos perfeitos em todas as direcções e formações

A ATLAS COPCO põe à disposição das empresas mineiras, de prospecção e engenharia civil, toda a eficiência das suas Sondas: rapidez, simplicidade, segurança.

A profundidade de perfuração oscila entre os 75 e os 2000 metros e o diâmetro de furo entre 28 e 146 mm. Podem ser accionadas por motores diesel, eléctricos ou pneumáticos.

As Sondas ATLAS COPCO são económicas e rentáveis quer funcionem com tubos amostradores convencionais ou «Wire-line», amostradores de solos, coroas diamantadas ou de carboneto de tungsténio, «roller and wing bits».

CIESA-NCK

SOCIEDADE ATLAS COPCO DE PORTUGAL, LDA.

LISBOA - PORTO - VILA VIÇOSA
AGENTES: MADEIRA - CABO VERDE

Atlas Copco

pôe o ar comprimido
ao serviço do mundo

RENOLD LIMITED

Redutores de engrenagem sem fim HOLROYD

Redutores de engrenagen sem fim, em linhas padronizadas, para montagem normal, inversa, vertical e universal. Para potências até 389 HP, de 1 1/8" até 28" entre centros. Reduções de 5/1 até 5000/1.

RENOLD

HOLROYD

Crofts

CARTER

Outros produtos para a transmissão de força e manejo mecânico, incluindo:

CORRENTES DE ROLOS DE PRECISÃO E RODAS ENGRENAGENS E REDUTORES, DE REDUÇÃO FIXA E VARIAVEL, LUVAS DE ACOPLAMENTO, EMBRAIAGENS E FREIOS.

Informações técnicas sobre a linha completa de produtos RENOLD e HOLROYD na:

HARKER SUMNER & CIA., LDA.

38 Rua de Ceuta, 48
PORTO
Apartado No. 162. Tel: 27054 (4 linhas)

14 Largo do Corpo Santo, 18
LISBOA-2
Tel: 324823, 35124, 369028

RENOLD

RENOLD LIMITED · MANCHESTER · ENGLAND

Resumo dos artigos publicados na Técnica n.º 403

Ano XLV — Dezembro 1970

E. R. de Arantes e Oliveira — C. D. U. 517.90

Completeness and convergence in the finite element method

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pág. 109-124.

Trata-se de um estudo sobre a convergência para a solução exacta de sucessões de soluções aproximadas geradas por sistemas de elementos finitos com dimensões decrescentes. Justifica-se um critério geral de completidade, e demonstra-se que um tal critério o é também de convergência se as derivadas de segunda ordem dos deslocamentos correspondentes às mesmas soluções aproximadas permanecerem limitadas dentro de cada elemento, à medida que as dimensões respectivas tenderem para zero. As conclusões são válidas para todas as teorias estruturais lineares, contínuas, isto é, para a Elasticidade bi e tridimencional, assim como para vigas, cascas e placas. No caso das teorias simplificadas, isto é, das teorias em que se despreza a deformação por esforço transverso, as terceiras derivadas do deslocamento transversal devem também permanecer limitadas dentro de cada elemento, para que a convergência seja conseguida.

A. M. R. Marrecas — C. D. U. 536.2 : 518.5

Teoria da fonte móvel (cálculo da dependência temperatura-tempo)

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pág. 125-128.

Utilizando um computador IBM 1620, estuda-se a evolução da distribuição de temperaturas em função do tempo, para uma fonte móvel de calor de velocidade e débito calorífico constantes, em meios infinito e semi-infinito, resumindo-se os resultados sob a forma de gráficos. Usam-se variáveis adimensionais.

Duarte Silva
Marçal Grilo — C. D. U. 539.319 : 516.5

Utilização de coordenadas parabólicas na análise de tensões de um corpo de forma parabólica

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pág. 129-132.

Pretende-se com este trabalho deduzir a expressão geral do equilíbrio em coordenadas parabólicas, partindo da expressão geral do equilíbrio em coordenadas curvilíneas.
Justifica-se em linhas gerais o emprego das coordenadas parabólicas no estudo de um corpo cujo contorno tenha a forma parabólica.

H. Duarte Ramos — C. D. U. 537.313 : 518.4

Conceitos e propriedades topológicas do método de cálculo de circuitos eléctricos pela teoria dos grafos

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pág. 133-141.

Baseado nos conceitos da teoria dos grafos estudam-se as propriedades fundamentais relacionadas com a estrutura, planaridade, singularidade, corte e dualidade dos grafos. Para o cálculo de circuitos eléctricos definem-se as matrizes de incidência que interessam nos diferentes métodos: dos nós, das malhas, dos cortes e dos anéis.

Dinis da Gama — C. D. U. 624.131.25 : 518.5

Análise da compressão uniaxial de provetes de rocha pelo método dos elementos finitos

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pág. 143-155.

O cálculo de deformações e tensões existentes no interior de um provete cilíndrico de rocha submetido a compressão uniaxial é elaborado por meio do método dos elementos finitos, fazendo uso do programa de computação existente na School of Mineral and Metallurgical Engineering, da Universidade de Minnesota.
No presente trabalho diversas situações são analisadas: i) sujeição nas superfícies de contacto rocha-prensa, (ii) escorregamento entre as referidas superfícies, e (iii) estudo da influência da relação altura/diâmetro da amostra. A distribuição de tensões e deformações nos diversos casos conduz à previsão de comportamentos mecânicos que são típicos de determinações experimentais realizadas à escala laboratorial.

Synopsis of articles published in «Técnica» nº 403

XLV — December 1970

Duarte-Ramos U. D. C. 537.313 : 518.4

Conceptions and properties of graph theory for electrical network calculation

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pag. 133-141.

The basic conceptions of graph theory are presented and the following propreties are studied : structure, planarity, singularity, cut and duality of graphs. For electrical network calculation the node, mesh, cut and loop incidence matrices are defined and discussed.

E. R. Arantes e Oliveira U. D. C. 517.96

Completeness and convergence in the finite element method

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pag. 109-124.

A study is made of the convergence to the exact solution of sequences of approximate solutions generated by elements with decreasing size. A general completeness criterion is justified which is shown to become also a convergence criterion if the second order derivative of the displacements corresponding to the sucessive approximate solutions remain bounded within each element, as the size decreases indefinitely. The conclusions are valid for all the different linear continuous structural theories, i.e., for two and three dimensional Elasticity, as well as for beams, shells and plates. If the simplified theories which result from neglecting the transverse shear deformation are considered, the third derivatives of the transverse displacement must also remain bounded within each element, in order that convergence can be obtained.

Dinis da Gama U. D. C. 624.131.25 : 518.5

Application of the finite element method to the analysis of rock samples under uniaxial compression

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pág. 143-155.

The computation of displacements and stresses induced within a cylindrical specimen of rock subjected to uniaxial compression is obtained through the finite element method, using the computer program available at the School of Mineral and Metallurgical Engineering, University of Minnesota.
Different situations are analysed: (i) no sliding at the contact surfaces rock specimen-end plates of testing machine, (ii) sliding at that contact, and (iii) study of the influence of ratio length diameter of the sample.
The obtained stress an displacement distributions in these cases lead to the prediction of mechanical behavior which are characteristics of experimental results of rock testing in laboratory scale.

A. M. Marrecas U. D. C. 536.2 : 518.5

Moving heat source theory (temperature-time dependence calculation)

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pag. 125-128.

Nondimensional temperature-time dependence for both infinite and semi-infinite solids heated by a constant velocity moving heat source is put under graphical form. A 1620 IBM computer is used.

Duarte Silva
Marçal Grilo U. D. C. 539.319 : 516.5

Use of parabolic coordinates in the stress analysis for a body of parabolic form

Técnica No. 403 — XLV — 12. 1970, pag. 129-132.

A general expression of equilibrium in parabolic coordinates is obtained, starting from the general equation of equilibrium in curvilinear coordinates.
In general terms it is justified the use of parabolic coordinates in the stress analysis for a body of parabolic form.

BIBLIOGRAFIA

Classificadores responsáveis: Armindo Ferreira, Francisco Pedroso, José Xambe Bento, Pedro Rodrigues e Nuno Pinto da Silva.

Serão criticadas as obras cujo assunto esteja no âmbito da «Técnica» e de que nos sejam enviados dois exemplares.

As revistas recebidas na Redacção, de que se publica uma selecção de fichas de artigos ordenados pela Classificação Decimal Universal, podem ser consultadas na Biblioteca da A.E.I.S.T.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 332.455.(44)

Mechanized equipment in Frech iron are mines-an economic analysis — *Joseph Leundri.*

World Mining, 3-70, vol. 23, n.º 3 pág. 44-49.

Compara-se neste artigo a economia mineral de certas minas de ferro de França. Um estudo económico de certo interesse.

C. D. U. 519.2 : 65.012.2

Introducción de la hipótesis alternativa de una ley logaritmico-normal en la estimación estadística de la duración de actividades de las programaciones PERT — *Pedro Gonzalez — Haba Gonzalez.*

Racionalizacion, 7/8-70, vol. 23, n.º 4, pág. 217-225.

No seguimento de algumas considerações sobre a distribuição adoptada, o autor realiza um estudo sobre a distribuição logarítmica normal e procede à análise dos casos examinados. Expõem-se seguidamente as conclusões obtidas. Incluem-se dois anexos compreendendo a tabela de valores e as regressões.

C. D. U. 532

Les amplifluides — *P. Noel.*

French Engineering Industries, 5/6-70, n.º 31, pág. 66.

A transmissão de energia mecânica por intermédio de fluidos (líquidos ou gasosos) é usada correntemente na indústria há bastantes anos, e os princípios tecnológicos estão agora bem estabelecidos.

A originalidade da técnica dos amplificadores de fluidos reside na utilização de muitos fluidos na elaboração de ordens de comando enviadas aos órgãos de potência. Como em electricidade se desenvolveram os ramos de correntes fracas e correntes fortes, no campo dos fluidos nasceu há poucos anos a técnica dos fluidos de baixa e alta energia.

Têm inúmeras aplicações e são até vantajosamente utilizados em substituição de amplificadores electrónicos e relais eléctricos.

C. D. U. 532.57

Calibration of probes for flow velocity measurements in liquids, in the range 2-5 m/sec. — *G. Rubatto.*

Dina, 2-70, n.º 9, pág. 3.

A calibragem de sondas para medição de velocidades em escoamentos de líquidos pode ser feita atendendo à equação que relacione o campo de pressões num reservatório com a velocidade de saída do líquido escoando-se por uma tubeira colocada na sua parede. Um coeficiente de correcção é determinado experimentalmente.

C. D. U. 534.83

Guidelines for designing quieter equipment — *Clayton H. Allen.*

Mechanical Engineering, 1-70 vol. 92, n.º 1, pág. 29.

Numa análise prévia indicam-se as principais fontes de ruídos-vibração de corpos sólidos, turbulências em escoamentos de gases, etc. O controle do ruído torna-se complicado pela necessidade de considerar simultâneamente a vibração sólida e a propagação do som no ar. São dois fenómenos essencialmente diferentes exigindo soluções também diferentes.

As soluções práticas tendo por fim reduzir o ruído são em geral soluções de compromisso entre os dois fenómenos.

C. D. U. 535.853

«Tendances du développement dans le domaine de la construction d'appareils spectraux optiques» — *Wolfgang Falta.*

Révue d'Jéna, 1970, n.º 1970/1, pág. 3-12.

Depois de analisar a evolução dos aparelhos espectrais ópticos, o autor examina as tendências do desenvolvimento desses aparelhos e demonstra que essas tendências se situam sob diversos planos que afectam os domínios científicos, técnicos e económicos e que põem importantes problemas sob o ponto de vista de organização.

O autor chega à conclusão de que, hoje em dia, a construção destes aparelhos é resultado do trabalho de equipe e não de esforços individuais, como acontecia no passado.

C. D. U. 539.163.1 : 546.59

Período de semidesintegração do ^{198}Au — *M. M. Costa Paiva e F. Martinho.*

Publicações do Laboratório de Física e Engenharia Nucleares — NI. 38 σ, 1968.

Mediu-se o período de semidesintegração do ^{198}Au, pela evolução da taxa de contagem correspondente à integração do pico fotoeléctrico de 412 KeV.

Dimensionamento de Secções de Betão Armado em Relação à Rotura

Matérias

— Flexão simples de secções rectangulares simplesmente armadas
— Flexão simples de secções rectangulares duplamente armadas
a) com armadura de compressão reduzida
b) com armadura de tracção reduzida
— Flexão simples de secções T duplamente armadas
— Flexão simples de secções T duplamente armadas
— Compressão simples
— Flexão composta de secções rectangulares
a) com armadura simétrica
b) com armadura de tracção reduzida
c) com armadura de compressão reduzida
— Flexão composta desviada de secções rectangulares
— Flexão composta de secções em T
a) com armadura de tracção reduzida
b) comarmadura de compressão reduzida
— Flexão simples e flexão composta de secções circulares cheias
— Flexão simples e flexão composta de secções circulares ocas
— Esforço transverso

Preço 150$00

Dimensionamento de Secções Circulares de Betão Armado em Relação à Rotura

Matérias

— Flexão simples e flexão composta de secções circulares cheias
— Flexão simples e flexão composta de circulares ocas

Preço 60$00

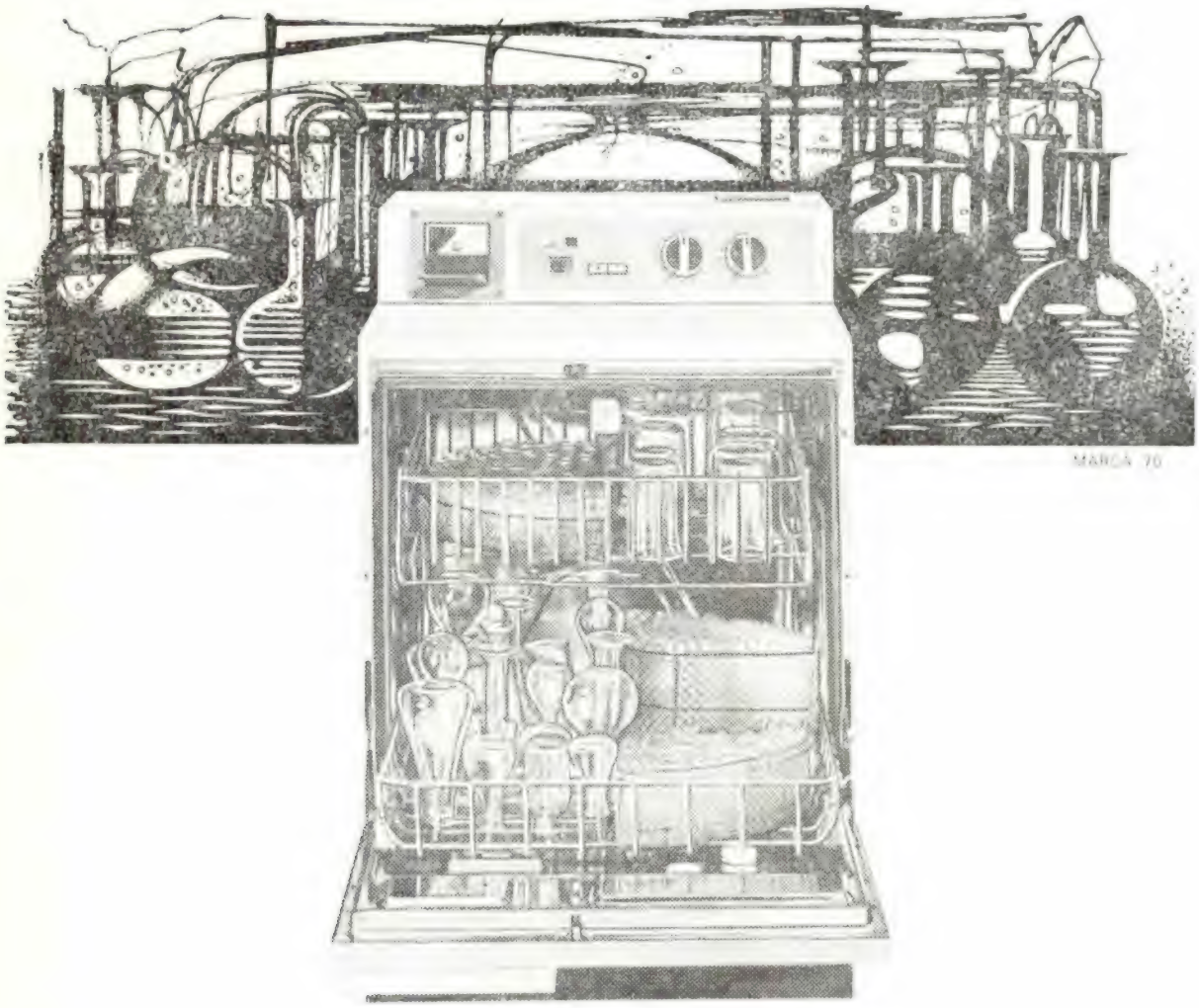
Por J. M. MADEIRA COSTA

ENG.º CIVIL

A venda na TÉCNICA e nas LIVRARIAS

Miele®

máquinas especialmente concebidas para laboratórios · hospitais



G 19 LABOR Máquina automática para lavagem de vidraria de laboratório. Absoluta eficácia para quaisquer utensílios.

G 19 Máquina automática para lavagem de biberões. Lava, enxagua, neutraliza e seca 87 biberões de cada vez.

G 18 TD Máquina automática para lavagem e desinfecção de louças em clínicas e hospitais.

G 18 OP Máquina automática para lavagem de instrumentos cirúrgicos.

Distribuidor Exclusivo

CON CES SUS

CONCESSUS, S.A.R.L. Rua D. Francisco Manuel de Melo, 9, 9-A
Tel. 65 24 06/7 — LISBOA 1

Calculou-se o valor médio ponderal a partir do valor determinado no presente trabalho e de valores publicados anteriormente por outros autores.

C. D. U. 539.43 + 539.622 : 669.141.32 = 6

Aspectos metalúrgicos del desgaste mecânico en aceros finos de cementación — *M. P. de Andrés y F. Medina.*

Rev. Metal. CENIM, 3-4-70, vol. 6, n.º 2, pág. 188.

O atrito provoca elevação de temperatura entre peças em movimento donde podem resultar transformações de estrutura e alteração da vida das peças. Quando se trata de rolamento entre duas superfícies a fadiga superficial é acentuada e a temperatura é baixa, com escorregamento é o efeito de temperatura que predomina. Estuda-se o efeito dos tratamentos superficiais com o fim de obter fases duras que suportem os esforços, e fases macias que melhorem as condições de atrito. Os esforços de rolamento e escorregamento produzem tensões tangenciais que condicionam a temperatura superficial.

C. D. U. 54.001 : 542.93 : 542.938 (045) = 60

Contribución al estudio de la hidrólisis del titanio (III) — *H. Krentzien e F. Brito.*

Ion, 1-970, vol. 30, n.º 342, pág. 14.

Determina as espécies presentes na hidrolise do titanio (III) e estuda as respectivas constantes de estabilidade.

C. D. U. 54.001 : 543.53 (045) = 50

Le separazioni radiochimiche: nuovi materiali nuove tecniche e nuove concezioni per una maggiore produttività del laboratorio — *F. Girardi.*

Cronache di Chimica, 3-970, n.º 27, pág. 14.

Este artigo apresenta-nos os fundamentos de variadas técnicas de separação radioquímica.

C. D. U. 54.001 : 541.64 : 543.42 (045) = 748

Nuclear magnetic resonance studies of molecular motion in Polymers — *W. P. Slichter.*

Journal of Chemical Education, 3-970, vol. 47, n.º 3, pág. 193.

O movimento molecular é a base da elasticidade da borracha, influência o fluxo viscoso de polímeros fundidos e determina a flexibilidade de estruturas fibrosas.

Neste artigo apresenta exemplos da aplicação da espectroscopia de ressonância magnética nuclear ao estudo dos movimentos moleculares.

C. D. U. : 54.001 : 668 : 583 (045) = 748

Applied research in the development of Anticaries Dentifrices — *William E. Cooley.*

Journal of Chemical Education, 3-970, vol. 47, n.º 3, pág. 177.

Apresenta-se primeiramente um ponto de vista sobre o conceito de especialização tal qual ele se aplica à indústria.

São depois apresentados vários exemplos de nvestigação aplicada, todos eles relacionados com o desenvolvimento de dentífricos anticárie.

C. D. U. 54.001 : 541.67 : 543.42 (045) 748

Energy States of Molecules — *J. Leland Hollenberg.*

Journal of Chemical Education, 1-70, vol. 47, n.º 1, pág. 2.

Faz-se o estudo quantitativo dos diversos estados de energia moleculares, nomeadamente rotacionais, vibracionais, vibracionais rotacionais, e energia electrónica, como base para o estudo espectroscópico das moléculas.

C. D. U. 54.07 : 543.21.062 : (045) = 60

Características pigmentarias de los productos de oxiprecipitación de disoluciones ferrosas — *Frederico López Mateos*

Ion, 2-70, vol. XXX, n.º 343, pág. 65. Continua em: vol. XXX, n.º 344, pág. 139.

Este trabalho vem demonstrar a viabilidade de utilização de turboagitadores de alta velocidade para obter pigmentos amarelos de ferro de qualidade comercial, a partir de soluções ferrosas. Permite igualmente ver a estreita relação entre a cinética de obtenção de oxihidróxidos de ferro e a composição química dos precipitados e suas características pigmentárias.

C. D. U. 54.07 : 547.962 (045) = 60

Estudios sobre producción de proteínas unicelulares a partir de hidrocarburos — *Antonio P. Balatti, Luis A. Mazza, Rodolfo Segovia, J. Ertola.*

Ion, 1-70, vol. XXX, n.º 342, pág. 5.

O artigo é o resultado dos estudos dos autores sobre o aproveitamento de hidrocarbonetos para obtenção de proteínas unicelulares.

C. D. U. 54.09 : 543.42 (045)

Lasers as spectroscopical tool — *S. Maudelston.*

Cronache di Chimica, 12-69, n.º 26, pág. 8.

A descoberta dos lasers veio revolucionar diversos campos da ciência e técnica. Um dos campos influenciado foi o da espectroscopia. Neste artigo descrevem-se as aplicações dos lasers a esta técnica analítica.

C. D. U. 54 : 63 (045) = 50

Alcuni aspetti della chemotassonomia delle piante — *R. Hegnauer.*

Cronache di Chimica, 3-970, n.º 27, pág. 3.

Indicam-se as possibilidades da química como auxiliar da classificação das plantas.

C. D. U. 541.62 (045) (748)

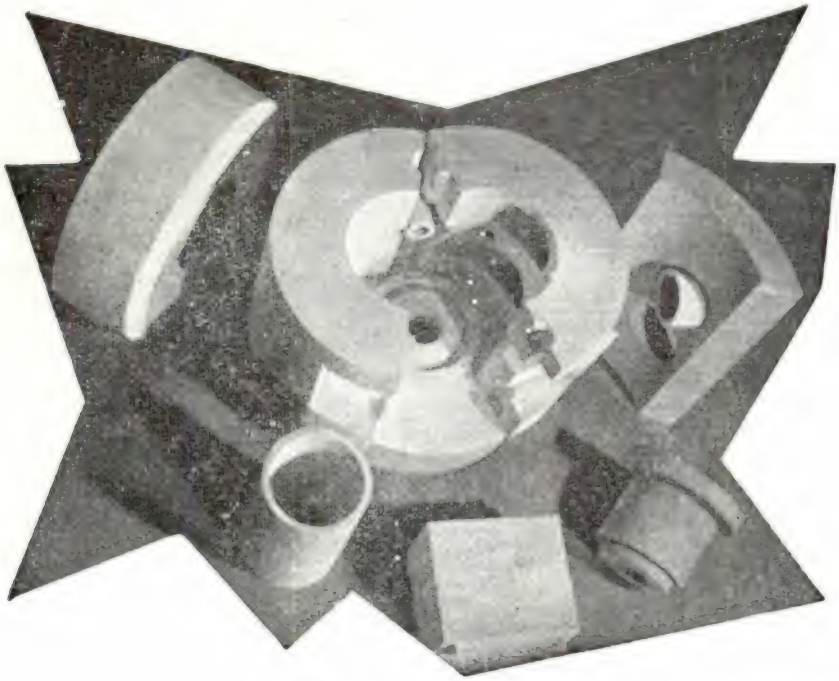
Ring-Chain Tautomerism. An experiment in organic chemistry — *Howard Alper, Anne E. Alper e Alfred Taurins.*

Journal of Chemical Education, 3-970, vol. 47, n.º 3, pág. 222.

Relata uma experiência simples para exemplificar o tautomerismo anel-cadeia.

a técnica moderna emprega

BETÕES REFRACTÁRIOS



à base dos cimentos

FONDU LAFARGE

e

SECAR 250

porque são

práticos
eficientes
económicos

REFRACTÁRIOS ATE 1800° C

REFRACTÁRIOS ISOLANTES ATÉ 1700° C

Os nossos serviços técnicos, especializados, estão à vossa inteira disposição para estudar, sem qualquer encargo da vossa parte, a adaptação dos BETÕES REFRACTÁRIOS a todos os vossos problemas

AGUIAR & MELLO, L.DA

P. do Município, 13-1.º — LISBOA — Tel. 32 11 51/2

C. D. U. 543.227.1 : 620.193 : 681.3

Novas técnicas para o estudo dos fenómenos de corrosão — instalação para aquisição e processamento dos dados de medições electroquímicas — *E. Fot ; J. Weber.*

Rev. Técnica Sulzer, 1-2-70, vol. 18, pág. 21.

Importância das medições de densidade de corrente/ /potencial, como complemento dos estudos sobre corrosão. Instalação automática para registo dos resultados de medições electroquímicas, e sua representação gráfica.

C. D. U. 543.24 : 541.486 (045)

Redox titration and complex formation — *L. Erdey.*

Cronache di Chimica, 12-69, n.º 26, pág. 23.

Relata o desenvolvimento de novos métodos de análise química, bem assim como o uso de novos indicadores para titulações redox em meio não aquoso.

Descreve-se igualmente a aplicação analítica de reacções do tipo Landolt.

C. D. U. 547 : 535.338.41

Uso della risonanza magnetica nucleare nella determinazione della struttura di sostanze organiche — *C. G. Casinovi.*

Cronache di Chimica, 12-69, n.º 26, pág. 14.

O uso da ressonância magnética nuclear no estudo da estrutura das substâncias orgânicas é hoje em dia de uma importância vital.

Dão-se as bases do método.

C. D. U. 550.4 : 553.45 553.463.469.121.11 + 469.112.15

Aspectos Geoquímicos de Pegmatitos e veios da área Estano — volframitica de Amarante — Celorico de Basto — *J. M. Santos Oliveira.*

Estudos, notas e trabalhos do S. F. M. D. G. M. S. G., vol. XIX, Fasc. I-2, pág. 59-96.

Neste trabalho o autor investiga a distribuição de estanho e de vários oligoelementos nas moscavites de pegmatites e veios estéreis ou mineralizados em cassiterite e/ou volframite, ocorrentes na região de Amarante-Celorico de Basto. A sua intenção é encontrar um guia geoquímico que possa ajudar na pesquiza de jazigos primários de cassiterite.

O autor principia por descrever sumàriamente a geologia da região considerada e efectua um breve estudo mineralógico das diferentes pegmatites e veios.

C. D. U. 553.611 : 666.32.017 (469.323.19)

Estudo geológico de alguns barreiros da região de Monte Real — *P. S. Martins de Carvalho — L. E. N. Conde.*

Boletim de Minas, 4-6-70, vol. 7, n.º 2, pág. 113-130.

Este trabalho foi realizado com o fim de determinar as possibilidades da utilização em cerâmica de barro vermelho, das argilas de alguns barreiros da região de Varzeas (perto de Monte Real) a partir do estudo da estrutura geológica das camadas argilosas, sua espessura e reservas.

C. D. U. 621.311.21 : 621.294 (493)

La centrale d'acumulation d'énergie par pompage de Coo-Trois Ponts — La participation ACEC à sa construction — *De Genst P.*

Revue ACEC n.º 1, 1970, pp. 3 a 22.

A Central de Coo-Trois Ponts que desenvolverá no seu estádio final uma energia de 830 MW está em construção.

O artigo descreve nomeadamente, por um lado a blindagem da galeria de entrada e a sua montagem, o seu repartidor e as turbinas bomba, por outro lado os alternadores motores de 142 148 MW, os seus rotor, stator e sistemas de refrigeração; as ligações turbina-alternador, o modo de arranque e paragem dos grupos; a excitação e as regulações do alternador-motor; a regulação de tensão do conjunto alternador-transformador de 400 KV; enfim, os automatismos que asseguram as passagens entre os diversos modos de funcionamento dos grupos em alternador, motor e compensados síncronos.

C. D. U. 621.313 322-81

Evolution des turbo-alternateurs et stade actuellement atteint. — *Kvick Norbert.*

Revue Brown Boveri, 8-69, vol. 56, n.º 8, pág. 368-379.

Depois de um rápido resumo da evolução da construção de turbo-alternadores nos países industriais mais importantes e em particular nas fábricas de Brown-Boveri, o autor descreve os principais aperfeiçoamentos técnicos que permitiram um notável aumento do poder unitário das máquinas. Termina indicando os sistemas de refrigeração completa das máquinas por meio de água.

C. D. U. 621.313.322-81

Limitation de la puissance des turbo-alternateurs bipolaires et quadripolaires due aux contraintes mécaniques — *Grigé Andrey.*

Revue Brown Boveri, 8-69, vol. 56, n.º 8, pág. 394-415.

A determinação das dimensões principais dos turbo-alternadores, tendo em conta que, depende do cálculo mecânico, é efectuada e explicada com a ajuda de critérios em parte novamente introduzidos.

Para as limitações encontradas, o autor indica as potências que se podem esperar com as dimensões principais dos rotores.

C. D. U. 621.396.43 : 621.396.677.833

La antena de pabellón o tipo concha, una antena de alta calidad para radioenlace por microondas — *Hans-Dietruch Kühne.*

AEG-Telefunken al dia, n.º 1-1970, pág. 10-15.

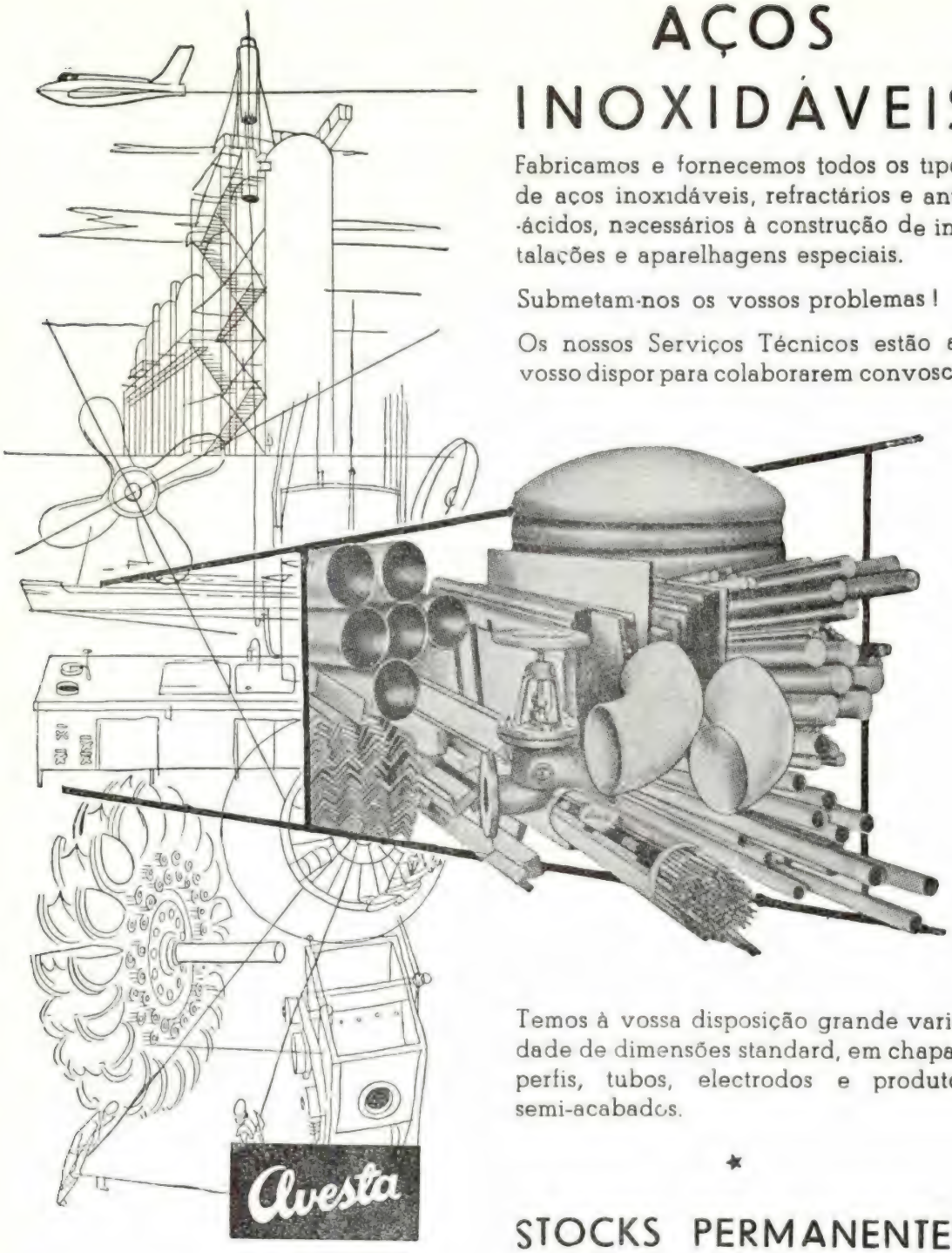
Mediante o uso da antena tipo concha, podem cumprir-se amplamente com as altas exigências postas

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

numa antena de microondas, exigências que resultam do crescimento das malhas formadas por redes de ligações-rádio.

Dão-se informações detalhadas sobre o comportamento eléctrico, tomando como exemplo os tipos para as bandas de frequência de 2 e 4 *GHz*.

C. D. U. 621.926.54 : 666.94
621.926.54-83

Le premier équipement d'entraiment de tube broyeur sans engrenages — *Ernst Bläuenstein.*

Revue Brown-Boveri, Março 1970, vol. 57, n.º 3, pág. 96-105.

A Brown-Boveri construiu, para a movimentação do moedor de cimento de uma nova fábrica, que é o maior do mundo, um motor síncrono trifásico cujo rotor está montado directamente no tubo do moedor. Este motor é alimentado por intermédio de um conversor estático de frequência e é caracterizado por a tracção se fazer sem interposição de engrenagens.

C. D U. 622.276

Two-way radio signals trasmitted through rock from surface to underground miners.

World Mining, 5-70, vol. 23, n.º 5, pág. 65.

A uma nova e importante rede de comunicação foi montada, enviando através da rocha sólida ondas de rádio de baixa frequência.

Desenvolvida pela Engineering Division of Consolidation Coal Company em colaboração com a Divisão de pesquisas de Exploração da Continental Oil Company.

C. D. U. 622.7.05

AITIK-WORLD'S first third generation open pit copper mine-in Lapland — *R. J. M. Wyllie.*

World Mining, 3-70, vol. 23, n.º 3, pág 38-43.

Descreve-se neste artigo as minas de cobre da Boliden Company, na Laponia (Suécia). O minério é extraido de pirites (1 a 2%).

Aitik situa-se a 30 milhas a norte do círculo ártico.

C. D. U. 622.765

Boliden jr flotation machine wseyand mow it has been de uz lopei — *P.M. Famsström, Olou Fägremo, Olle Marklund.*

World Mining, 5 70, vol. 23, n º 5, pág. 66-71.

O artigo refere-se ao aperfeiçoamento das máquinas de flutuação, para servir as necessidades da exploração de Aitik.

O princípio de flutuação das máquinas baseia-se na injecção de ar nas máquinas.

C. D. U. 622.771.5

La récupération des produits flottands

Franch Engineering Industries, 5-6-70, n.º 31, pág. 50.

Neste artigo faz-se referência a um processo de recuperação de produtos flutuantes na água (um dos aspectos da poluição) utilizando o efeito de Vortex.

Este processo simples poderá ser utilizado na recuperação do petróleo, libertado pelo afundamento ou rombo num petroleiro sem se utilizarem produtos químicos.

C. D. U.: 624.046

Évolution des régles techniques — *N. Esquillan, P. Lorin, Ives Saillard.*

Annales de Instit. Technique du Bâtiment e des Travaux Publics, 9 970, n.º 273, pág. 65-89.

Neste trabalho estudam-se os princípios gerais para a verificação da segurança das obras. Aplicação dos princípios gerais de segurança às obras em betão armado e pré esforçado, e ainda extensão desses princípios às construções metálicas.

C. D. U. 624.131

La experiencia de diez años en el central de compactacion por método nucleónico — *José A. Garcia-Diego.*

Revista de Obras Públicas, 8-970, n.º 3064, pág. 817-832.

Neste artigo resume-se o referente a medida, por procedimento nucleónico, da densidade e humidade de terraplanagens e da densidade de pavimentos asfálticos.

Compara-se este método com os gravimétricos, tanto do ponto de vista económico como técnico, fazendo-se referência às limitações dos mesmos. Finalmente indicam-se outras aplicações deste método além do da compactação.

Este artigo proporciona ainda bastante bibliografia sobre o assunto.

C. D. U. 624.21 : 625.74

Método de construcción de puentes con elementos prefabricados — *T. Konez.*

Revista de Obras Públicas, 2-970, n.º 3058, pág. 158-161.

O artigo apresenta métodos de construção de pontes com peças préfabricadas. Apresenta soluções construtivas que se podem caracterizar pelo tipo de peças constituitivos em que se divide o tabuleiro. Os sistemas estruturais são os mesmos que se conhecem da construção tradicional. Apresenta perfis longitudinais e transversais.

NOVO HANGAR DA TAP.
ESTRUTURA METÁLICA MONTADA E FABRICADA PELA SEPSA.
EM REGIME DE SUB CONTRATO PARA AS CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

Na era dos jumbo-jet a SEPSA também está presente. No AEROPORTO DA PORTELA, em LISBOA, estamos a construir para a TAP a estrutura metálica do enorme hangar destinado aos BOEING 747. Com vãos de 138 e 69 metros, uma altura de 31,5 metros, profundidade de 64 metros, é o maior edifício do género no mundo português.

SEPSA SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES ELECTRO-MECÂNICAS, S.A.R.L.
APARTADO 8 • LEÇA do BAILIO • TELEX SEPSA P 2616

SEPSA

SACOR – REFINARIA DO PORTO

CONTRIBUIÇÃO DA SEPSA NA CONSTRUÇÃO DA REFINARIA DO PORTO:

QUANTIDADE		PESO APROXIMADO
119	Reservatórios cilíndricos verticais de tecto fixo e flutuante para armazenagem de óleos lubrificantes e outros produtos	4.200 t.
73	Reservatórios processuais (torres, balões, permutadores, etc.)	350 t.
122	Estruturas para aerorefrigerantes (vigas e pilares de suporte, caixões, suportes de mecanismos, acessos, etc.)	400 t.
1	Facho com 80 m de altura (a mais alta estrutura metálica da Refinaria)	50 t.
	Com um total de cerca de	5.000 t.

ACTIVIDADES DA SEPSA

- ALTERNADORES (de potência superior a 2000 kVA), COMPENSADORES SINCRONOS, MOTORES DE GRANDE POTÊNCIA (fabricação parcial).
- EQUIPAMENTOS PARA INDUSTRIAS QUÍMICAS E PETROQUÍMICAS
  Tubagens, tremonhas, reactores, permutadores, cisternas, etc.
- EQUIPAMENTOS PARA INDÚSTRIAS PETROLÍFERAS
  Torres, balões, permutadores, filtros, aerorefrigerantes, tubagens, etc.
- EQUIPAMENTOS PARA INDÚSTRIAS CIMENTEIRAS
  Fornos, moinhos, separadores, arrefecedores, etc.
- RESERVATÓRIOS
  De tecto fixo e tecto flutuante, de alta e baixa pressão.
  Para gases liquefeitos. Gasómetros.
- EQUIPAMENTOS DE MANUTENÇÃO E TRANSPORTE
  Elevadores de alcatruzes, elevadores de palhetas, transportadores de tela metálica e de borracha, contentores, etc.
- ESTRUTURAS METÁLICAS
  Pontes, cimbres, coberturas, pisos, edifícios industriais, etc.
- MONTAGENS PESADAS

SEPSA SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES ELECTRO-MECÂNICAS, S.A.R.L.
APARTADO 8 • LEÇA do BAILIO • TELEX SEPSA P 2616

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **ENGIL**
Av. Elias Garcia, 162-6.° Tel. 76 51 10/17

— **Construções Técnicas, Lda.**
P. do Município, 13-3.° — Tel. 36 65 06

— **Fundações Franki, Ltd.**
R. Braamcamp, 13-3.° — Lisboa — Tel. 53 41 12.

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.° D
Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS E TRACTORES

— **Guedes & Almeida**
Rua Aurea, 181-2.° — Tel. 32 78 45 — Lisboa 2

FUNDAÇÕES

— **ENGIL**
Av. Elias Garcia, 162-6.° Tel. 76 51 10/17

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.° — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Av. da República, 42-8.°
Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
Travessa do Guarda-Mor, 13-r/c
Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.° — Lisboa — Tel. 53 41 12.

— **Johann Keller**
Av. Costa Pinto, 8-1.° Esq. - Cascais Tel. 28 44 21

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.° — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146, 2.° — Lisboa.
Tel. 3 40 10 - 32 02 08

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **ISOLA**
Avenida António Augusto de Aguiar, 17-2.°
Tef. 53 71 91 - Lisboa

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.° — Lisboa — Tel. 73 01 56.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 91 12.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

ISOLA
Avenida António Augusto de Aguiar 17-2.°
Tel- 53 71 91 — Lisboa.

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.° — Lisboa — Tel. 73 01 56

SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.° — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Avenida da República, 42-8.°
Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
Travessa do Guarda-Mor, 13-r/c
Tel 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques—Beira.

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 53 41 12

— **Johann Keller**
Av. Costa Pinto, 8-1.º Esq. - Cascais - Tel. 28 44 21

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
Rua de S. Bento, 664-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8.

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146-2.º — Lisboa.
Tel. 3 40 10 — 32 02 08

CONSTRUÇÕES METALO-MECANICAS

CONSTRUTORES METALO-MECANICOS

— **Atlas-Copco**
— Lisboa - Porto — Vila Viçosa

— **COMETNA** — R. Academia de Ciências, 5 — — Lisboa — Tel. 32 00 01

— **Construções Metalo-mecânicas MAGUE Ld.ª** — Alverca

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. 24 de Julho, 52-A-G — Telef. 66 67 10 — Lisboa

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R de S. Tiago, 1

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **Construções Eléctricas Schréder, Ltd.**
Pr. José Fontana, 25-3.º E. — Tel. 56 10 01/2/3 — Lx.

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65 Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Plessey Automática Eléctrica Portuguesa**
Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa.

— **Philips**
Rua Joaquim António de Aguiar, 66 — Lisboa
Telef. 68 31 21

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 53 69 21/0 — Lisboa

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **SEPSA-Sociedade Construções Electro-Mecânicas**
Leça do Balio

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
Tel. 2 76 76/9
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa — Tel. 53 11 81/7

DISTRIBUIÇAO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto
Tel. 2 76 76/9
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa — Tel. 53 11 81/7

BATERIAS

— **Tudor**
Av. Fontes Pereira de Melo, 12 — Lisboa
Tel. 5 19 47

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 230 — Lisboa — Tel. 68 36 46
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Construções Eléctricas Schréder, Ld.**
Pr. José Fontana, 25-3.º E. — Tel. 56 10 01/2/3 — Lx.

— **Isolux, Lda.**
Largo do Campo Pequeno, 21, 4.º Esq.
Telef. 77 00 30/8/9 — Lisboa
Rua Dr. Alfredo Magalhães, 110, 2.º D.
Telef. 2 07 23 — Porto

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65 — Lisboa.

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lx.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 65 41 65 — Lisboa.

— **SEPSA - Sociedade Construções Electro-Mecânicas**
Leça do Balio

— **Standard Electrica**
Av. da Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lx.

TELECOMUNICAÇÕES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.° E — Porto — Tel. 2 48 18

— **Standard Electrica**
Av. Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

— **Philips**
Rua Joaquim António de Aguiar, 66 — Lisboa
Tel. 68 31 21

— **Plessey Automática Eléctrica Portuguesa**
Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

— **Atlas-Copco**
Lisboa — Porto — Vila Viçosa

— **Bayer Portugal S. A. R. L.**
Apartado 2365 — Lisboa.
Apartado 40 — Porto.

— **COMETNA**
R. Academia de Ciências, 5 — Tel. 32 00 11

— **MIELE — Concessus, S. A. R. L.**
R. D. Francisco Manuel de Melo, 9, 9-A
Tel. 652406/7 — Lisboa

— **Construções Metalo-Mecânicas Mague, Lda.**
Alverca do Ribatejo

— **Guedes & Almeida, Lda,**
R. Aurea, 181-2.° — Tel. 32 78 45 — Lisboa

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. 24 de Julho, 52-A-G — Tel. 66 67 10 — Lisboa

— **Soc. Lisbonense de Metalização, Lda.**
Apartado 3 — Sacavém — Tel. 251.10 31

CORRENTES

— **Auto-Lusitana**
Av. da Liberdade, 73-79 — Lisboa

— **Harker Sumner**
L. do Corpo Santo, 18
Tel. 32 48 23 — Lisboa.

— **S. K. F.**
Rua da Alegria, 65-A — Lisboa
Tel. 36 23 01

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **Bayer Portugal, S. A. R. L.**
Apartado, 2365 — Lisboa.
Apartado 40 — Porto.

— **Hoechst Portuguesa**
Avenida Sidonio Pais, 379 — Tel. 6 70 51 — Porto
Av. Duque de Avila, 169-1.° — Tel. 4 51 44 — Lx.

— **Soc. Lisbonense de Metalização, Lda.**
Apartado 3 — Sacavém — Tel. 251.10 31

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar

TÊXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

TINTAS

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. de 24 de Julho, 52-A-G
Telef. 66 67 16 — Lisboa

LIVROS TÉCNICOS

— **TÉCNICA**
Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.° — Lisboa — Tel. 53 70 15/ /6/7/8.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

BETÃO

— **Empresa Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa. — Tel. 5 91 61/66.

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

— **JOMATEL — Betão Pronto**

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **AGUIAR E MELO, LDA.**
Praça do Município, 13-1.º — Tel. 32 11 51/2 Lx.

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **CIMIANTO**
Av. Fontes Pereira de Melo, 14 — Tel. 53 11 61

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156 Lisboa 2 — Tel 32 82 01/2/3

MATERIAIS PRÉ ESFORÇADOS

— **CIMIANTO**
Av. Fontes Pereira de Melo, 14 — Tel. 53 11 61

— **Soc. de Pré-fabricação e Obras Gerais Novobra, Ld.ª**
Av. E. U. da América, 100-5.º-E.
Tel. 77 48 32/ 76 64 46 — Lisboa.

ARTIGOS DE ESCRITÓRIO E ESCOLAR

MATERIAL DE DESENHO E TOPOGRÁFICO

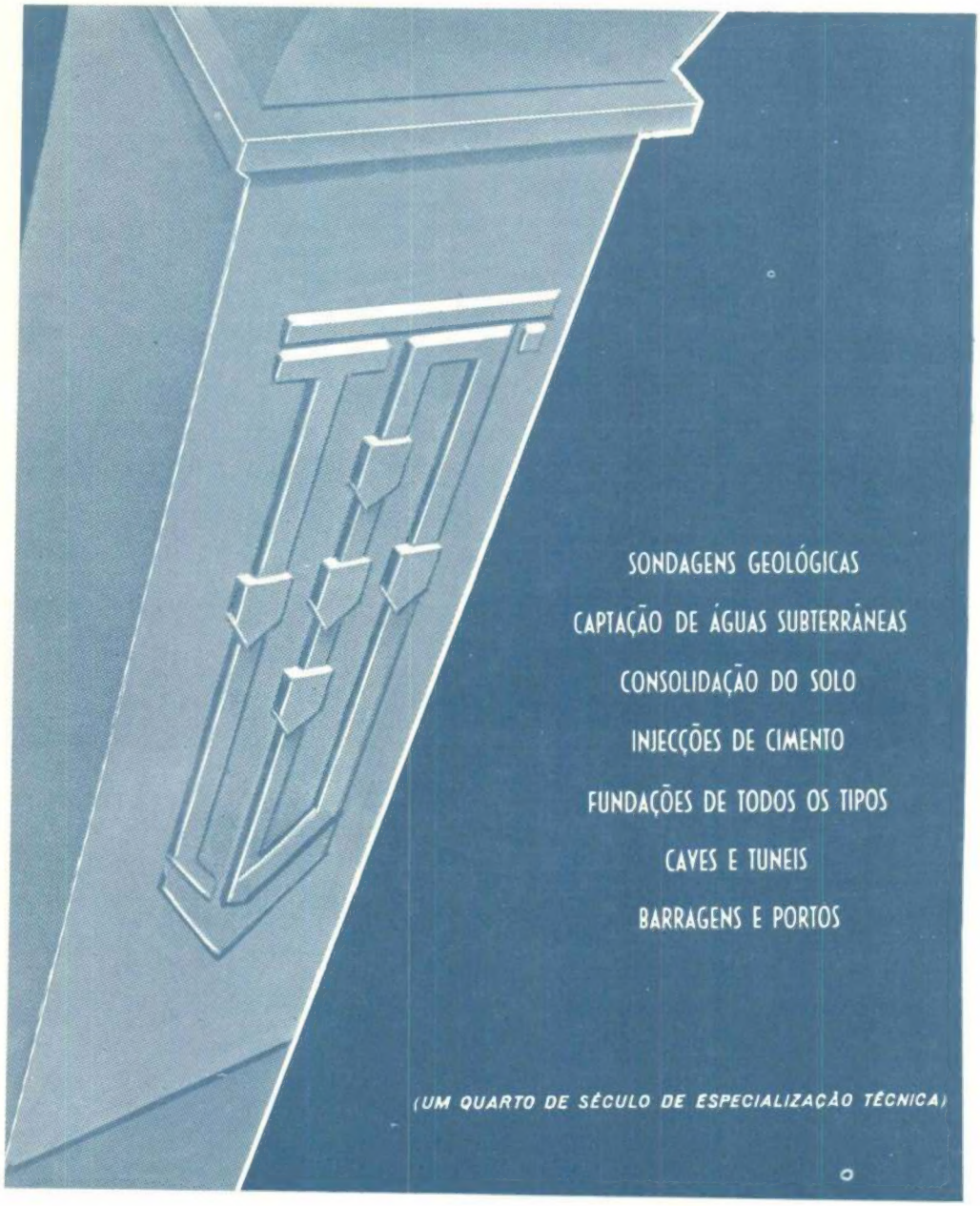
— **Wild Portugal**
Praça das Águas Livres, 8-s/l
Tel. 98 91 12 — Lisboa.

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

AV. DA REPÚBLICA, 42, 8.º
TELEFS. 77 70 86/7 e 77 12 65

LISBOA



SIEMENS

6170

Disjuntor Siemens de corrente de defeito

Protege pessoas e animais

- contra tensões de contacto excessivamente elevadas, em aparelhagem deficientemente isolada
- em casos de troca do condutor principal pelo condutor de protecção, ou ainda, troca entre o condutor de protecção e o neutro
- duma maneira geral, portanto, sempre que uma corrente perigosa passa, através do corpo de pessoas ou de animais, à terra

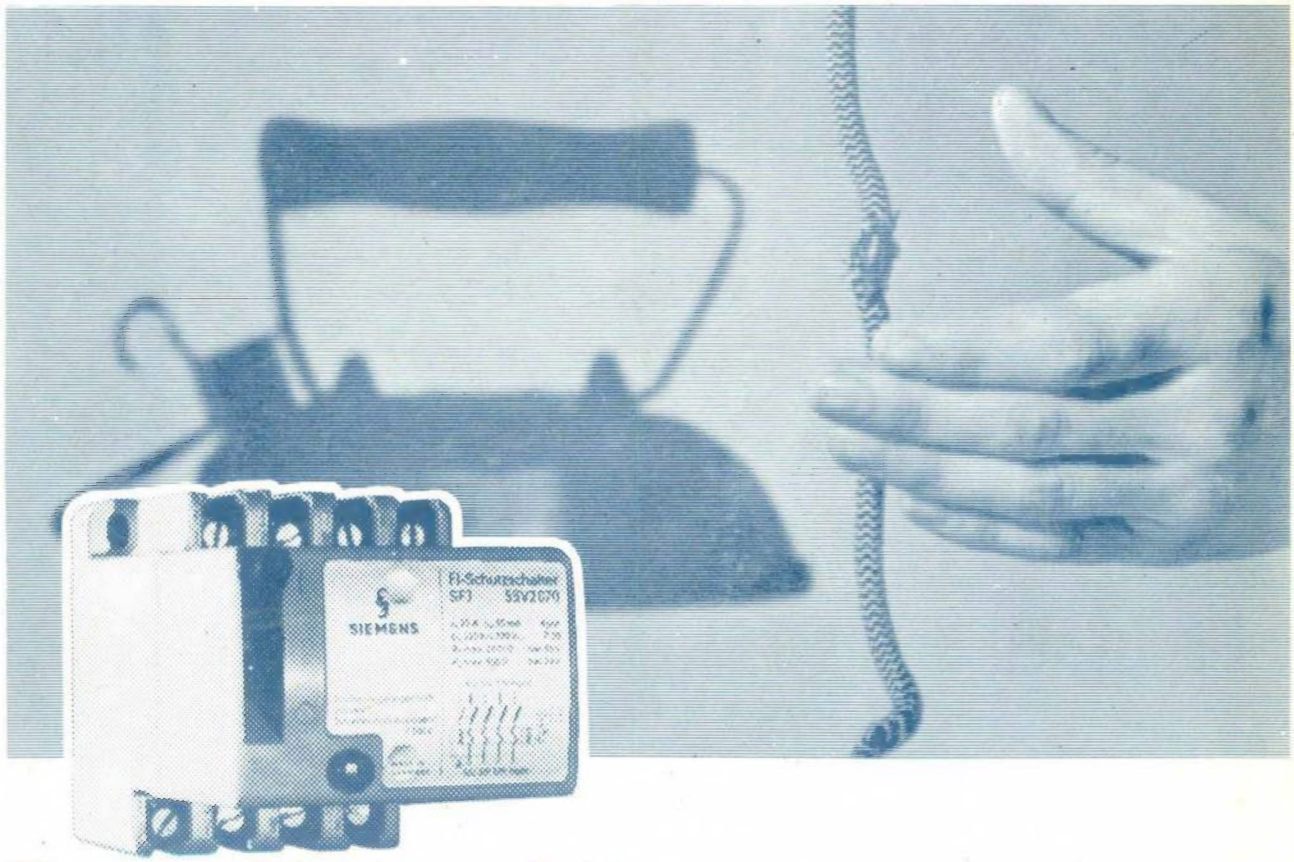
Garante

- grande protecção humana
- em caso de terra fraca, uma supersensibilidade **(dispara para correntes de defeito entre 15 e 30 mA segundo prescrições VDE 0100 e dentro de 30 ms)**
- elevado poder de corte
- longa duração, cerca de 20.000 manobras à corrente nominal

Aplica-se

como interruptor geral em habitações, hospitais, oficinas, fábricas, instalações provisórias, obras e em todos os casos em que haja elevado grau de humidade ou deficientes condições de isolamento.

Exponha os seus problemas especiais à secção técnica da
Siemens-Companhia de Electricidade, SARL
Av. Almirante Reis, 65-tel. 536921-Lisboa 1
R. das Carmelitas, 26-2.º - Tel. 28943 - Porto



O melhor sistema de protecção humana